



Titre: Exploration du transport adapté à Montréal en vue d'une
Title: planification en temps réel

Auteur: Bruno Roux
Author:

Date: 2001

Type: Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis

Référence: Roux, B. (2001). Exploration du transport adapté à Montréal en vue d'une
Citation: planification en temps réel [Mémoire de maîtrise, École Polytechnique de
Montréal]. PolyPublie. <https://publications.polymtl.ca/8851/>

 **Document en libre accès dans PolyPublie**
Open Access document in PolyPublie

URL de PolyPublie: <https://publications.polymtl.ca/8851/>
PolyPublie URL:

**Directeurs de
recherche:**
Advisors:

Programme: Non spécifié
Program:

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

**EXPLORATION DU TRANSPORT ADAPTÉ À MONTRÉAL EN VUE
D'UNE PLANIFICATION EN TEMPS RÉEL**

BRUNO ROUX

DÉPARTEMENT DES GÉNIES

CIVIL, GÉOLOGIQUE ET DES MINES

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

**MÉMOIRE PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLÔME DE MAÎTRISE ÈS SCIENCES APPLIQUÉES**

(GÉNIE CIVIL)

FÉVRIER 2001



**National Library
of Canada**

**Acquisitions and
Bibliographic Services**

**395 Wellington Street
Ottawa ON K1A 0N4
Canada**

**Bibliothèque nationale
du Canada**

**Acquisitions et
services bibliographiques**

**395, rue Wellington
Ottawa ON K1A 0N4
Canada**

Your file Votre référence

Our file Notre référence

The author has granted a non-exclusive licence allowing the National Library of Canada to reproduce, loan, distribute or sell copies of this thesis in microform, paper or electronic formats.

The author retains ownership of the copyright in this thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

L'auteur a accordé une licence non exclusive permettant à la Bibliothèque nationale du Canada de reproduire, prêter, distribuer ou vendre des copies de cette thèse sous la forme de microfiche/film, de reproduction sur papier ou sur format électronique.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur qui protège cette thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

0-612-60914-6

Canada

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Ce mémoire intitulé :

**EXPLORATION DU TRANSPORT ADAPTÉ À MONTRÉAL EN VUE
D'UNE PLANIFICATION EN TEMPS RÉEL**

présenté par : **ROUX Bruno**

en vue de l'obtention du diplôme de: **Maîtrise ès sciences appliquées**

à été dûment accepté par le jury d'examen constitué de :

M. **BAASS Karsten**, Ph.D., président

M. **CHAPLEAU Robert**, Ph.D., membre et directeur de recherche

M. **TRÉPANIÉ Martin**, Ph.D., membre

REMERCIEMENTS

L'auteur remercie en premier lieu le professeur Robert Chapleau pour son soutien technique, méthodologique, ses précieux conseils et sa patience. Merci aussi pour sa confiance au cours de ces quelques mois de travail et d'initiation à la recherche.

L'auteur est reconnaissant envers l'École Nationale des Travaux Publics de l'État pour son soutien financier, et pour lui avoir permis, conjointement avec l'École Polytechnique de Montréal, la réalisation d'une expérience unique d'échange qui marque assurément le début d'une riche et intense série d'échanges futurs.

Une dédicace particulière va à la région Rhône-Alpes qui, par son programme d'aide financière, contribue à la mobilité internationale de ses étudiants.

Merci aussi à la Société de Transport de la Communauté Urbaine de Montréal et au groupe MADITUC qui, grâce à leurs ententes, ont permis au milieu universitaire un accès à des données opérationnelles relatives à un système encore peu enclin à de tels relevés.

Un dernier remerciement enfin à l'endroit des étudiants de la section Transport de l'École Polytechnique de Montréal, particulièrement A. E.A. et N. T.K., et de ma conjointe K.C. pour leur aide et leur soutien, tant sur le plan moral qu'amical, technique et affectif.

RÉSUMÉ

Le transport adapté semble relever d'une légitimité exprimée ainsi dans notre paysage urbain : fournir à tous une égale accessibilité par l'instauration d'un transport collectif. Pour diverses raisons difficiles à circonscrire, cette notion d'accessibilité égalitaire, pour les personnes handicapées, se trouve actuellement servie par un système de transport parallèle et spécialisé, baptisé transport adapté.

La demande en déplacements de la part des bénéficiaires de ce système de transport de la Communauté Urbaine de Montréal croît de manière constante. Face à cette augmentation, la Société de Transport de la Communauté Urbaine de Montréal (STCUM) satisfait avec difficultés les usagers. Un essai de caractérisation de la demande nous a semblé être une piste possible pour une meilleure planification du service.

En transport adapté, des méthodologies éprouvées comme les enquêtes Origine-Destination n'existent pas pour des fins d'analyse. Cependant, un échantillon de déplacements **observés** a été obtenu puis traité par le groupe MADITUC de l'École Polytechnique de Montréal, auprès de la STCUM.

Cette occasion d'accéder à des données opérationnelles sur le système de transport a permis l'exécution d'une première série de procédures structurées ; dans le but d'amorcer une expérimentation méthodologique pour approcher la

mobilité des usagers du transport adapté, une structuration utilisant les logiciels et outils informationnels de la gamme MADITUC a permis de géocoder l'ensemble des points d'arrêts du réseau.

Ces efforts de clarification ont conduit à la constitution de bases de données complètes, faisant référence à l'ensemble des composantes du système, et contenant 100% des déplacements des usagers sur une période de deux semaines. Rappelons que le degré élevé de captivité des usagers permet d'accéder à la presque totalité de leurs déplacements. Cette connaissance, combinée à une description relativement importante de la clientèle, justifie en partie l'emploi d'une approche totalement désagrégée pour appréhender l'analyse de mobilité envisagée.

L'échantillon ainsi traité ouvre des possibilités d'analyses selon différentes perspectives. Un examen des *usagers*, des *générateurs* de déplacement, des *véhicules* et de leurs *attributs* laisse entrevoir une caractérisation de leur comportement et de leur fonctionnement. Adoptant une approche orientée-objet, il nous est apparu intéressant de dégager des propriétés relatives à ces objets, aussi des méthodes les définissant dans leurs environnements transport, social et économique.

Cette étude propose des pistes qui peuvent se révéler utiles en vue d'une prévision de la demande de la clientèle. Essentiellement basée sur des données opérationnelles, elle tente de montrer comment il est possible de pénétrer le

système de transport en vue d'une allocation de ressources plus aisée et d'une gestion de la demande plus souple. Par la même occasion, il se trouve aussi qu'une telle approche informationnelle favorise l'analyse de la performance différenciée des modes de transport actuels (taxi, véhicule spécialisé), ce qui pourrait induire l'émergence de nouvelles tactiques opérationnelles. En résumé, cette étude propose une voie exploratoire du système de transport adapté afin d'en appréhender objectivement et concrètement les mécanismes et la dynamique.

ABSTRACT

The will to give an equal accessibility to everyone led to the creation of an alternative form of transportation, the public transport. For disabled people, a more specific mode of transport, often based on a dial-a-ride system, came up. For the past few years, the increasing demand of disabled customers for trips in Montreal has been such that the STCUM, the company in charge of the public transportation in Montreal, has ever more difficulties to satisfy its customers.

A major problem with the disabled transportation is the lack of experience and methods as with more conventional mode of transportation. Large household surveys permitting transport analysts and planners to go deeper into this transport system are indeed not available. However, the MADITUC group of the École Polytechnique de Montreal obtained from the STCUM a two weeks sample describing quite precisely the whole system, including users, places, vehicles, and 100% of customers' trips...

Such an opportunity to analyse this system in fringe of the society allowed several ranges of structured experiments. As the database seemed quite exhaustive regarding the knowledge of the activity of its main components, it justified the use of a totally disaggregate approach, supported by an object-oriented modelling, in order to treat efficiently the data. Moreover, the addition of disabled users to the transportation service increases our understanding of people's behaviour.

This methodology inspired from computer and software programming involves the introduction of several relationships and methods to define objects in their social, economical and transportation environment. Various standpoints, based on objects such as users, trip generators, vehicles, can then be investigated to reinforce the analysis and to detect patterns in the behaviour of these objects.

The study brings useful results in terms of demand forecast, resource allocation and demand management. Complementarily, the measure of the efficiency of current modes of transport could induce new operational tactics. In brief, we propose a modern way of treating the information related to disabled transportation for a better understanding of its dynamic.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	iv
RÉSUMÉ.....	v
ABSTRACT.....	viii
TABLE DES MATIÈRES	x
LISTE DES FIGURES.....	xiv
LISTE DES TABLEAUX	xvii
LISTE DES SIGLES ET ABBRÉVIATIONS	xviii
LISTE DES ANNEXES	xx
CHAPITRE 1. INTRODUCTION.....	1
1.1. Contenu.....	2
1.2. Objectifs	6
1.3. Méthodologie.....	7
CHAPITRE 2. EXAMEN DU CONTEXTE MONTRÉALAIS.....	9
2.1. De l'équité	9
2.2. L'action des services publics.....	13
2.3. Mise en place du Transport Adapté.....	18
2.3.1. Organisation opérationnelle.....	18

2.3.2. Qualité du service	20
2.4. Conclusion du chapitre	25
CHAPITRE 3. L'APPROCHE TOTALEMENT DÉSAGRÉGÉE	
ET SA MODÉLISATION ORIENTÉE-OBJET	26
3.1. Concepts de la modélisation Orientée-Objet	27
3.2. L'approche totalement désagrégée	31
3.3. Synthèse des deux approches	35
CHAPITRE 4. BASES DE DONNÉES	37
4.1. Territoire de l'étude	38
4.1.1. Découpage du territoire	38
4.1.2. Géocodage	41
4.2. Description des données	42
4.2.1. Un premier aperçu	42
4.2.2. Ontologie des données	44
CHAPITRE 5. CONCEPTUALISATION DU SYSTÈME DE	
TRANSPORT ADAPTÉ.....	51
5.1. Les objets du TA et leurs propriétés	53
5.1.1. La classe Lieu.....	53
5.1.2. La classe Client	54
5.1.3. La classe Déplacement	55

5.1.4. La classe Arrêt.....	55
5.1.5. La classe Tournée	56
5.2. Relations entre les objets du T.A.....	57
5.2.1. Perspective Générateur/Arrêt	60
5.2.2. Perspective Client.....	70
5.2.3. Les Tournées : modélisation de l'offre	77
5.3. Conclusion du chapitre.....	78
CHAPITRE 6. ANALYSE DE MOBILITÉ.....	80
6.1. Temporalité	81
6.1.1. Notion de jour moyen.....	81
6.1.2. Volumes et phénomènes de pointe	82
6.1.3. Synthèse.....	84
6.2. Utilisation du sol	85
6.2.1. Quelques chiffres.....	86
6.2.2. Éléments spatiaux	88
6.2.3. Fonctionnement d'un lieu.....	92
6.3. Spectre comportemental des clients	93
6.3.1. Caractérisation via l'âge	96
6.3.2. Introduction du handicap dans l'analyse	100
6.3.3. Autre critère : le sexe.....	104
6.3.4. Motifs de déplacement.....	105

6.4. Analyse de l'offre.....	107
6.4.1. Prérogatives de chaque mode	107
6.4.2. Indicateurs de performance des bus.....	112
6.5. Conclusion du chapitre.....	115

CHAPITRE 7. NOUVELLES ORIENTATIONS AVEC LES

SYSTÈMES D'INFORMATION	117
7.1. Contexte technologique.....	117
7.1.1. Les systèmes d'information géographiques.....	118
7.1.2. Les systèmes de localisation et de positionnement	121
7.1.3. Les cartes à puces.....	124
7.1.4. La planification interactive.....	127
7.1.5. Regard sur trois systèmes modernes et en utilisation	128
7.1.6. Internet	133
7.2. Acquisition, visualisation et intégration de données en temps réel	135

CHAPITRE 8. CONCLUSION..... 139

8.1. La prévision de la demande	139
8.2. La modélisation	141
8.3. Conclusion globale	142

BIBLIOGRAPHIE..... 143

ANNEXES..... 148

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 Triptyque en transport collectif	5
Figure 1.2 Approche méthodologique	8
Figure 2.1 Paradigmes du Transport Adapté	10
Figure 2.2 Relations politiques sous-tendant la genèse du transport adapté	14
Figure 4.1 Découpage en 6 régions	39
Figure 4.2 Les 41 secteurs STCUM	40
Figure 4.3 Description du contenu des fichiers .DBF	43
Figure 4.4 Proportion des codes EAFT pour chaque handicap	46
Figure 4.5 Handicaps par région de domicile	47
Figure 5.1 Modèle-objets mis en relation	52
Figure 5.2 Union de 3 «univers »	57
Figure 5.3 Système relationnel orienté objet	59
Figure 5.4 Perspective Générateur	61
Figure 5.5 Pré-traitement des points d'arrêt du service de TA	
sur les 14 jours	63
Figure 5.6 Distinction Arrêt/Générateur	68
Figure 5.7 Agrégation de lieux proches sur le plan	
spatial et comportemental	69
Figure 5.8 Perspective Client	70
Figure 5.9 Perspective Véhicule	77

Figure 6.1 Évolution de la demande un jour de semaine	83
Figure 6.2 Poids moyen de chaque journée sur la quinzaine par handicap	84
Figure 6.3 Spatialisation des domiciles des usagers mobiles	89
Figure 6.4 Spatialisation des centres d'accueil et hôpitaux.....	89
Figure 6.5 Concentration des générateurs de déplacement.....	90
Figure 6.6 Densité des centres de santé et des centres de travail spécialisés	91
Figure 6.7 Densité des lieux de travail non spécialisés.....	92
Figure 6.8 Identification et fonctionnement d'un centre d'accueil	93
Figure 6.9 Superposition des Pyramides des âges de la clientèle totale et mobile	94
Figure 6.10 Visualisation des habitudes individuelles de mobilité	95
Figure 6.11 Analyse du comportement via les destinations	95
Figure 6.12 Répartition des quatre statuts	96
Figure 6.13 Nombre de déplacements sur 2 semaines en fonction de l'âge	97
Figure 6.14 Les statuts par spécificité et par âge	98
Figure 6.15 Pyramide des âges de la catégorie Autre.....	99
Figure 6.16 Nombre de déplacements sur 2 semaines pour les usagers mobiles.....	100
Figure 6.17 Distribution cumulée du nombre de déplacements par personne	101
Figure 6.18 Répartition des statuts par handicap.....	102

Figure 6.19 Répartition des statuts par sexe.....	104
Figure 6.20 Répartition des motifs de déplacement.....	105
Figure 6.21 Utilisation du taxi et bus en fonction de l'heure, en semaine.....	108
Figure 6.22 Utilisation du taxi et bus en fonction de l'heure, le samedi.....	108
Figure 6.23 Concentration des arrêts de bus en centre-ville le midi.....	109
Figure 6.24 Distribution des arrêts bus et taxi par région.....	110
Figure 6.25 Parts des arrêts par région.....	110
Figure 6.26 Mobilisation de la flotte de bus sur les deux semaines	114
Figure 7.1 Évolution technologique des cartes à puces	125
Figure 7.2 Traitement de l'information et gestion automatisée	
de la demande.....	136
Figure An- 1 Pyramide des âges des mobiles.....	149
Figure An- 2 Pyramide des âges et Distribution par âge des Travailleurs.....	150
Figure An- 3 Pyramide des âges et Distribution par âge des Malades.....	150
Figure An- 4 Pyramide des âges et Distribution par âge des Autres.....	150

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1 Achalandage cumulatif à Montréal au 30 sept 1999.....	12
Tableau 2.2 Contributions relatives pour le financement du TA au Québec.....	16
Tableau 2.3 Vitesses de parcours selon le mode (en km/h).....	23
Tableau 4.1 Distinction entre Déficience, Incapacité et Handicap.....	47
Tableau 5.1 Objets mis à contribution pour catégoriser les générateurs.....	62
Tableau 5.2 Méthodes appliquées aux objets «Lieu»	64
Tableau 5.3 Type de Générateur par branche	66
Tableau 5.4 Algorithme de dérivation du type d'un lieu	68
Tableau 5.5 Méthodes appliquées aux objets de la classe «Personne»	72
Tableau 5.6 Algorithme de dérivation du motif d'un déplacement (paire OD) et du statut d'un usager	73
Tableau 6.1 Ratios entre les déplacements par jour et le jour moyen.....	82
Tableau 6.2 Inventaire des générateurs du T.A. par type	87
Tableau 6.3 Composition de la clientèle : statut, âge, handicap	102
Tableau 6.4 Composition de la clientèle : statut, âge, sexe	105
Tableau 6.5 Répartition des motifs de déplacement par mode	106
Tableau 6.6 Âge moyen et nombre de résidents par région.....	111
Tableau 6.7 Mobilité fonction de la possibilité de prendre le taxi	111

LISTE DES SIGLES ET ABBRÉVIATIONS

AMT	Agence métropolitaine de transport
CLSC	Centre local de services communautaires
CP	Code Postal
CUM	Communauté urbaine de Montréal
DBF	Extension de fichier de bases de données, Data Base File
DGPS	GPS Différentiel, système de positionnement relatif
DHTML	Dynamic HyperText Markup Language
EAFT	Code numérique précisant les capacités de la personne handicapée, Escorte / Ambulant (binaire) / Fauteuil / Taxi (binaire)
GPS	Global Positionning System, système de positionnement global
MADCADD	Modèle d'analyse désagrégée (computer aided drafting and drawing)
MADEOD	Modèle d'analyse désagrégée des enquêtes origine-destination
MADGEN	Modèle d'analyse désagrégée des générateurs de déplacements
MADITUC	Modèle d'analyse désagrégée des itinéraires de transport urbain collectif
MADQUOI	Questionneur Utilisé pour l'Obtention d'Information

MTQ	Ministère des transports du Québec
O-D	Origine-Destination
OPT	Organisme public de transport
OTA	Organisme de transport adapté
SAE	Système d'aide à l'exploitation
SGBD	Système de gestion de bases de données
SIAD	Système informatisé d'aide à la décision
SIG	Systèmes d'information géographiques
SIG-TOO	Système d'information géographique appliqué au transport et orienté-objet
STCUM	Société de transport de la communauté urbaine de Montréal
STI	Systèmes de transport intelligents
TA	Transport Adapté
TTC	Toronto transit commission
USDOT	Département des Transports des États-Unis d'Amérique
UTM	Universal Transverse Mercator, système de coordonnées géodésiques

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE A. DESCRIPTION DES DONNÉES.....	148
ANNEXE B. LE POIDS DE L'ÂGE	149

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

Au Québec, les services de transport adapté desservent 91% de la population. Environ 50 000 personnes utilisent ces services qui permettent plus de 4,1 millions de déplacements par année. Ces statistiques sont le témoignage et l'aboutissement d'un long processus décisionnel tant au niveau collectif que politique, et que l'on retrouve dans à peu près tous les pays industrialisés.

Déjà des voix s'élèvent ici et là pour dénoncer ce système de transport trop coûteux pour certains, très perfectible et bien mal organisé pour d'autres. Sans aller jusqu'à prendre parti dans cette polémique, où les deux arguments ont sans doute leur part de légitimité, il paraît bon de se questionner sur les raisons de ces manifestations.

Une raison de ces deux défaillances, qui interpelle un analyste en transport, est la limitation des possibilités offertes par les moyens mis en œuvre pour gérer ce système. Le transport adapté est aujourd'hui géré de façon archaïque, avec des outils peu enclins à satisfaire toujours plus rapidement une demande croissante. Ces outils, quand ce n'est pas la méthode manuelle qui est sollicitée, sont trop souvent basés sur des méthodes (comme la procédure séquentielle classique à quatre étapes) qui ont fait la preuve de leurs limites :

« Elle [la procédure séquentielle] était sûrement nécessaire à une époque où les capacités d'analyse et d'exploitation statistique des données d'enquêtes origine-destination demeuraient artisanales, mais maintenant, elle illustre plutôt notre incapacité à intégrer les nouveaux outils technologiques et méthodologiques disponibles à une nouvelle vision de la modélisation du transport urbain »¹.

La transition souhaitable des méthodes artisanales et manuelles, vers des outils modernes et puissants passe par une refonte complète de la manière actuelle de procéder, bonifiée de pratiques et de concepts constructifs et, autant que possible, évolutifs.

1.1. Contenu

Les progrès et les innovations technologiques subissent systématiquement un délai, se chiffrant souvent en années, avant d'être pleinement intégrés au sein de la société et de ses différentes ramifications. La présente recherche se veut un lien entre certaines de ces avancées et leur insertion dans le domaine du transport public urbain de personnes handicapées. Il peut tout aussi bien s'agir d'un système de transport dédié aux personnes âgées et à tout autre groupe de personnes dont les capacités physiques ou intellectuelles réduites induisent une entrave à la mobilité.

¹ CHAPLEAU, R., « une carte d'utilisation du sol dérivée d'une enquête origine-destination »

Le cadre de l'étude se situe au niveau du « temps réel », alors qu'actuellement la planification du transport adapté est basée sur son voisin le plus proche : le niveau « opérationnel » de planification, dont les délais séparant le processus de décision et la réalisation proprement dite s'étalent théoriquement sur quelques jours [ROY, 2000]. Déjà dans plusieurs domaines, des systèmes de gestion en temps réel ont été implantés. Le résultat se ressent dans le service à la clientèle, moins victime des délais de réservation et d'attente et dans la facilité de gestion de la demande. Le travail des répartiteurs s'en trouve donc facilité.

Pour un meilleur service de transport adapté, il faudrait donc envisager une refonte des anciens procédés encore en usage afin d'aider les organismes à atteindre ce niveau de planification plus optimal et plus flexible.

Le chapitre 2 contient une discussion sur la légitimité d'un tel service de transport et un examen du contexte québécois des services de transport adapté. Cela permet d'amener le sujet en évoquant quelques limites physiques et autres défauts souvent imputés à ces services.

De plus, ce repérage de la mise en application des règlements gouvernementaux par les sociétés de transport en commun constitue une base de travail pertinente : de là, il est possible de définir des améliorations souhaitables et d'imaginer des réalisations efficaces.

Modéliser le système « transport adapté » dans son ensemble demande un minimum d'apports théoriques et une méthodologie rigoureuse. Pour réaliser

cette conceptualisation d'un système de transport, la méthode d'analyse se base sur une approche totalement désagrégée. Ainsi, le chapitre 3 est consacré à la description de la modélisation orientée-objet et de l'approche totalement désagrégée. Les développements de cette méthode sont largement attribuables au Professeur Chapleau et au groupe MADITUC de l'École Polytechnique de Montréal.

Le contenu des données fournies par la Société de Transport de la Communauté Urbaine de Montréal (STCUM) est explicité en détails dans le chapitre 4. Nous pouvons déjà préciser qu'elles datent du mois de novembre 1996, période où la compagnie a transmis au groupe MADITUC un ensemble de fichiers relatifs à son service de transport adapté, s'étalant sur deux semaines consécutives d'opération.

Le chapitre 5 montre comment ces données peuvent être architecturées de manière totalement désagrégée. Dans le but d'effectuer des expérimentations, d'obtenir des statistiques et de dégager des tendances, d'approfondir la question de la prévision de la demande, d'évaluer le service de transport, les fichiers de bases de données sont exploités à l'aide de tableurs et de système de gestion de bases de données, lors du chapitre 6. Par les options de traitement et d'exploitation des données mais aussi d'affichage interactif de tableaux, graphiques et cartes, il est possible de retirer et de visualiser de précieux renseignements.

Les données ainsi calibrées permettent de mieux travailler sur les trois branches caractéristiques d'un système de transport, tel que défini par le groupe MADITUC : le triptyque d'éléments de base que sont la demande, le territoire et le réseau.



Figure 1.1 Triptyque en transport collectif

La caractérisation et l'utilisation du territoire par les usagers du transport adapté constituent une partie essentielle : les différentes catégories de générateurs rencontrés en transport adapté sont passées en revue, et les fonctionnalités des diverses zones de la ville sont mises en relief. Une analyse de la clientèle apporte une meilleure compréhension de la mobilité, grâce à des tendances comportementales et des données sociologiques. Enfin, une partie est consacrée à l'analyse et l'évaluation de l'offre de transport telle qu'elle apparaît dans les données, avec la définition d'indicateurs de performance. Nous terminons sur une synthèse de ces trois composantes.

En dernier lieu, un tour d'horizon des différentes technologies transposables au transport en commun offre des perspectives intéressantes pour le système de transport adapté. Les systèmes de transport intelligents sont aujourd'hui

incontournables et très riches en solutions. Il est fait état de l'intégration souhaitable de tels instruments pour une gestion en temps réel. Ces instruments sont le lien permettant l'acquisition en temps réel de données du même type que celles qui nous ont été transmises.

1.2. Objectifs

Notre principal objectif réside dans l'amélioration de la gestion de ce système de transport, amélioration qui vise :

- une modernisation des équipements et des méthodes de planification,
- une identification des caractéristiques d'utilisation du sol urbain faite par les personnes handicapées,
- une analyse et une conceptualisation des générateurs de déplacements spécifiques à la clientèle étudiée.
- une anticipation de la demande grâce à des modèles objectifs de prévision,
- une modélisation de la mobilité des personnes handicapées,
- une meilleure compréhension des comportements et des habitudes des usagers,
- une planification efficace des tournées de véhicules.

Grâce à l'approche totalement désagrégée et sa modélisation orientée-objet, la majorité de ces objectifs peut être obtenue, soit directement soit par une dérivation des informations que renferment les données.

Voilà les pistes examinées et à approfondir afin d'atteindre une meilleure allocation des ressources pour l'organisme de transport adapté en même temps qu'un service plus flexible et plus efficace pour les usagers. Dans le cas présent, la flexibilité symbolise la faculté du répartiteur à pouvoir répondre en temps réel (en fait en léger différé) et le plus possible positivement, à toute demande de transport, même tardive.

1.3. Méthodologie

Pour atteindre ces objectifs de modernisation et d'optimisation, des outils modernes et puissants sont utilisés et recommandés : environnements interactifs graphiques, systèmes d'information géographiques (SIG), tableurs et systèmes de gestion de bases de données (SGBD), technologie GPS (Global Positioning System)... D'un côté, les outils technologiques assurent une acquisition instantanée des données telles qu'elles nous ont été fournies, de l'autre notre étude montre comment il est possible d'utiliser ses données et justifie l'utilité de telles acquisitions.

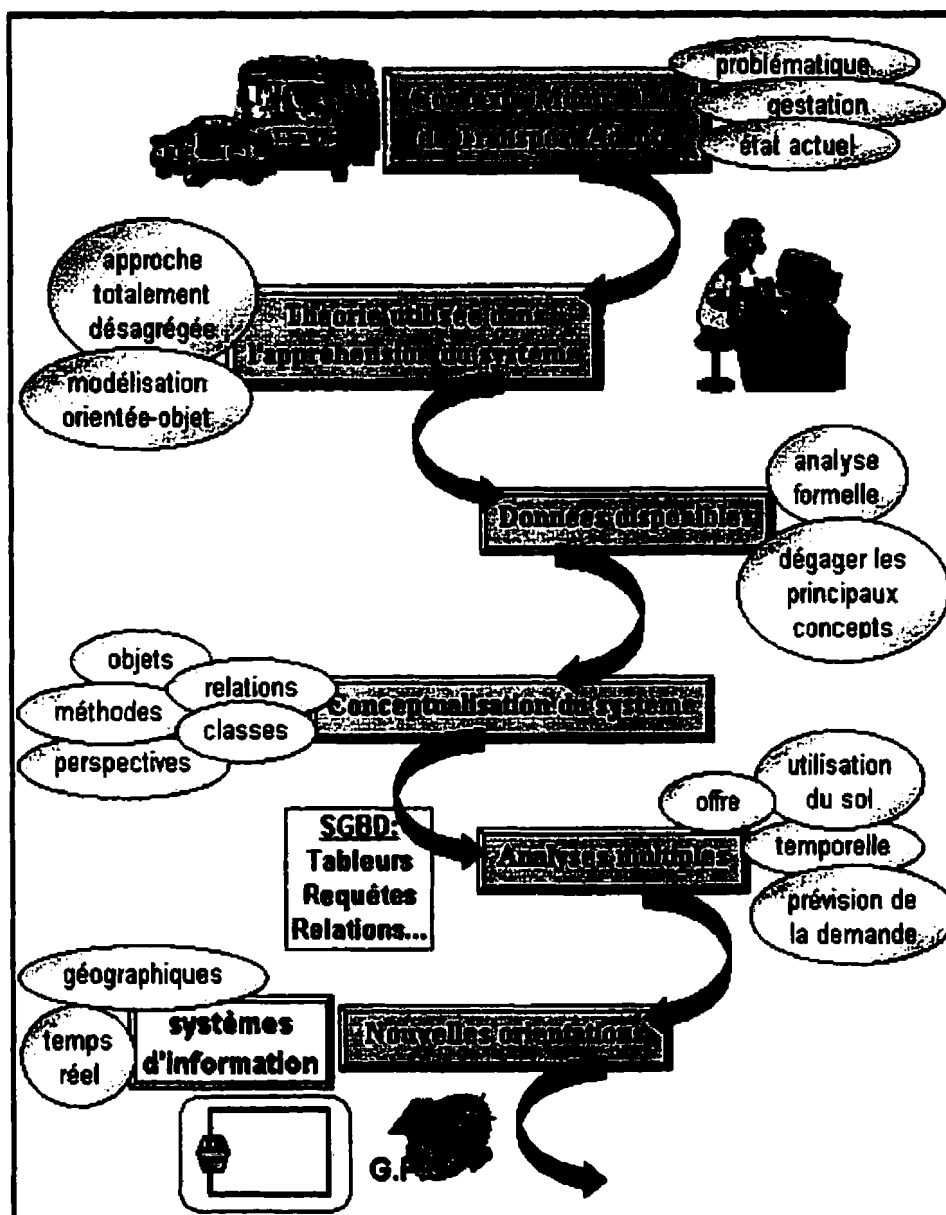


Figure 1.2 Approche méthodologique

Notre but est d'aboutir à un système de transport adapté rénové. La figure 1.2 donne un aperçu des méthodes, des ressources et des composantes technologiques et informatiques impliquées dans notre démarche.

CHAPITRE 2

EXAMEN DU CONTEXTE MONTRÉALAIS

2.1. De l'équité

La mobilité dans les sociétés occidentales semble revêtir une importance toute particulière. Toute l'organisation et la structure de leurs villes se fondent sur cette idée d'une accessibilité élevée et croissante. En effet, une spirale sans fin s'est branchée sur cette mécanique organisation urbaine / accessibilité, exigeant des citoyens un pouvoir de mobilité toujours plus grand. Pour justifier et asseoir ces besoins de mobilité, la cité y rattache des concepts chers aux mentalités actuelles, tels la liberté, l'indépendance et le pragmatisme d'un haut pouvoir d'accessibilité. Le symbole le plus significatif de ce paradigme imposant et autotrophe est sans conteste la voiture particulière.

Pour palier aux handicaps induits par cette réorganisation du paysage urbain combinée à la non-possession de cet instrument de la mobilité, et ainsi assumer leur rôle de service public, les pouvoirs publics ont favorisé l'instauration d'un mode de transport alternatif, le transport collectif. Cette action naît d'une légitimité largement acceptée par les concitoyens, conscients par expérience du besoin de se mouvoir.

Satisfaisant plusieurs groupes d'individus victimes des carences évoquées, ce mode compensatoire reste toutefois circonscrit aux axes majeurs. Il ne saurait

donc être un substitut, aussi performant en terme d'accessibilité, des modes individuels de déplacement. Il s'est avéré, dans une majorité de cas, inadapté aux personnes handicapées et aux personnes âgées à mobilité réduite.

Vraisemblablement contraints de poursuivre leur logique d'équité à terme et poussés par des groupes de pression défendant les droits des personnes handicapées, les pouvoirs publics se sont attelés à l'établissement d'un mode de transport adapté à cette catégorie très captive. Le système de transport spécialisé résultant de cet effort a été baptisé transport adapté.

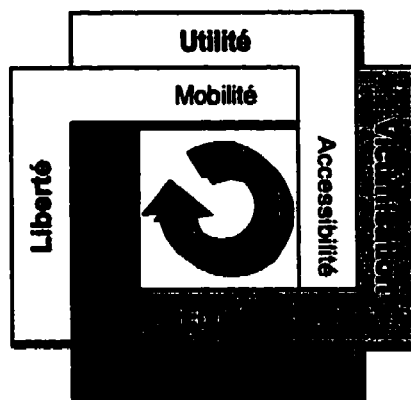


Figure 2.1 Paradigmes du Transport Adapté

Ces actions successives soulèvent des questionnements de fond sur la légitimité et l'utilité de telles interventions. Pourquoi se consacrer de manière si volontaire et active à la création et ensuite à l'amélioration de ce système de transport ? Plusieurs concepts abstraits se greffent à la thématique d'une mobilité universelle. La figure 2.1 propose une représentation parmi d'autres de l'état actuel des mentalités.

La présente discussion tente simplement d'expliquer pourquoi il apparaît naturel, en l'an 2000, d'offrir un service de transport élaboré, et mieux encore, de l'optimiser (essence même de ce mémoire), pour des personnes longtemps tenues à l'écart de l'activité humaine, parfois même cachées par leurs proches.

Les droits de la personne jouent indéniablement un rôle crucial dans cette mobilisation générale en faveur de l'équité : comment des pays industrialisés et développés pourraient-ils exiger l'application et le respect des droits de l'Homme s'ils ne favorisaient pas eux-mêmes l'intégration et l'épanouissement de leur population dans son entier ?

Paradoxalement à cette situation, on observe que l'état et les tendances de la mobilité dans les sociétés occidentales vont contre un soutien de la mobilité. Plusieurs pensent qu'un optimum est ou va être atteint dans la mobilité des personnes, en partie à cause de la congestion urbaine : chacun optimise ses sorties en augmentant la part des déplacements non basés sur le domicile [RODDIS et RICHARDSON, 1998]. La prochaine étape serait selon toute vraisemblance une décroissance de la mobilité individuelle avec une utilisation grandissante des services et des soins à domicile, du magasinage électronique, de la livraison, du travail au domicile... Tous ces services gagnent en popularité à cause d'une précieuse économie de temps et d'une élimination du stress lié aux transports. On peut alors se demander s'il est encore utile de soutenir la mobilité des personnes, handicapées ou non.

Ces digressions sur la légitimité de ce mode de transport en commun spécialisé n'enlèvent cependant rien au franc succès qu'il connaît au fil des ans (cf. Tableau 2.1). Cette croissance dans son utilisation est liée d'une part à l'augmentation du nombre d'inscrits à ce service, d'autre part à l'augmentation du nombre de déplacements par usager. Comme ce service faisait auparavant défaut, cette nouvelle liberté de déplacement accordée aux personnes à mobilité réduite comble un manque, en même temps qu'elle crée paradoxalement un besoin croissant au sein de ce groupe captif.

Tableau 2.1 Achalandage cumulatif à Montréal au 30 sept 1999

	Réel 1998	Réel 1999	Écart réel
Minibus	96 425	92 000	-4,40%
Minibus adapté	244 596	252 406	3,80%
Taxi régulier	514 323	531 004	4%
Taxi accessible	20 699	38 726	87,20%
Total	876 043	914 136	4,34%

Source: Bulletin Contact, STCUM, décembre 1999

Les personnes handicapées sont techniquement plus captives que les autres. Néanmoins, sur bien des points, elles comportent les mêmes caractéristiques que toute autre personne. Les besoins de déplacements pour motif de travail pour les adultes, d'études pour les jeunes, de magasinage ou toute autre raison existent aussi, mais sont difficilement réalisables voire dangereux avec des moyens conventionnels, tels la voiture particulière ou le métro.

2.2. L'action des services publics

Les intégrations sociale, professionnelle et économique des personnes passent semble-t-il par la capacité qu'elles ont de se déplacer depuis leur domicile vers différents lieux d'activités. Pour les personnes handicapées, cela a été rendu possible par la création d'un système de transport à la demande prenant en charge l'usager du début à la fin de son déplacement.

Le côté « adapté » de ce système de transport est essentiel. Les personnes ayant des handicaps organiques, visuels, intellectuels ou psychiques rencontrent des obstacles divers lors d'un déplacement : trouver l'arrêt de bus, connaître l'itinéraire à suivre pour se rendre à destination (numéro des bus, des lignes de métro et des points de connexion...), acheter un titre de transport, demander son chemin sont autant d'entraves difficiles à surmonter pour ces personnes.

Les personnes atteintes d'un handicap moteur auront d'autres difficultés les empêchant d'effectuer un déplacement en transport en commun conventionnel : circuler sur les trottoirs et se rendre à un arrêt puis y attendre debout, et enfin monter à bord et redescendre, voilà autant d'actions essentielles à l'accomplissement d'un déplacement en transport en commun. Le handicap moteur rend une telle succession d'actions souvent impossible.



Figure 2.2 Relations politiques sous-tendant la genèse du transport adapté

Afin de palier à cette absence d'un mode de transport qui soit adapté aux exigences particulières de ce groupe, le ministère des transports du Québec a pris, dès la fin des années 70, des mesures contraignant les organismes publics de transport (OPT) à organiser, sur le territoire qu'ils desservent, un système de transport adapté. Dans ce cas précis, plus encore que dans le cas général compte tenu de la captivité du groupe, «le transport en commun soutient les échanges économiques et sociaux» [BEAULÉ, 1997] de ces individus. Il semble légitime de se demander si le transport en commun ne va pas jusqu'à créer tout bonnement ces échanges dans le cas présent, au moins pour certaines personnes.

Nous entendons ici par organisme public de transport (OPT) tout organisme ou corps public constitué en vertu de la Loi sur la Communauté urbaine de Montréal, de la Loi sur la Communauté urbaine de Québec, de la Loi sur la Communauté urbaine de l'Outaouais, de la Charte de la Ville de Laval, de la Loi sur la Société de transport de la rive sud de Montréal ou de la Loi sur les

corporations municipales et inter-municipales de transport pour agir comme transporteur au sens de la Loi sur les transports.

Dans le but d'assurer l'exercice des droits des personnes handicapées, le gouvernement du Québec définit ainsi le rôle d'un OPT :

« Tout organisme public de transport doit, dans l'année qui suit le 2 avril 1979, faire approuver par le Ministre des Transports un plan de développement visant à assurer, dans un délai raisonnable, le transport en commun des personnes handicapées dans le territoire qu'il dessert.

« Ce plan peut tenir compte du taux de renouvellement de son équipement et de la nature des services offerts. Le ministre des Transports peut approuver ce plan ou, le cas échéant, demander qu'il soit modifié ou qu'un nouveau plan lui soit soumis dans un délai qu'il détermine. Après avoir approuvé un plan, il s'assure de son respect et de son exécution. » (Loi L.R.Q. c. E-20.1. CHAPITRE IV, point 67) *(dernière modification : 27 octobre 1999).*²

En 1991, le gouvernement, conscient de son rôle essentiel dans l'établissement et le maintien des services de transports en commun, décide de contribuer «à l'achat initial et au remplacement au terme de la vie utile des équipements afin :

- d'aider les organismes à réaliser des investissements qui parfois dépassent la capacité financière des municipalités ;

² Source : site Internet du gouvernement du Québec, <http://doc.gouv.qc.ca/cgi/>

- de soutenir l'innovation technologique ;
- de contribuer à l'existence d'un système de transport «équilibré» incluant une offre substantielle de transport en commun... » [BEAULÉ, 1997].

Toujours pour aider les OPT dans leur nouvelle tâche et assurer la mise en place de nouveaux systèmes, d'importantes subventions s'avèrent indispensables. Ainsi le MTQ, Ministère des transports du Québec, contribue à la mise en place des services de transport adapté en assumant tout près de 75% du coût du service. Le quart restant est payé par l'utilisateur et les municipalités (cf. tableau 2.2). En 1998, le Ministère a versé près de 38 millions de dollars en subvention aux organismes de transport adapté.

Tableau 2.2 Contributions relatives pour le financement du TA au Québec

Pour le Québec (en milliers de \$)				
Catégorie	1997	1998	Variation	Contribution par Catégorie
Usagers	4 903	5 190	6%	10%
M.T.Q.	36 568	37 959	4%	71%
Municipalités	9 176	9 457	3%	18%
Autres services de transport	414	673	38%	1%
Autres	291	276	-5%	1%
TOTAL	51 352	53 555	4%	100%

Source: site Internet du MTQ, www.mtq.gouv.qc.ca/

Toujours en vertu de cette équité, semble-t-il communément acceptée, les usagers du transport adapté défrayent le même montant que toute autre personne utilisant les services de la société de transport en commun. Exemple,

en juin 2000, en vertu de l'égalité des citoyens face au service public de transport, il en coûte 2\$ pour un déplacement ponctuel auprès de la STCUM, ou encore 47\$ pour l'achat d'un laissez-passer mensuel. Il est clair que ce dernier montant, qui permet à l'usager de se déplacer à volonté sur le territoire tout entier desservi par la STCUM (approximativement l'île de Montréal) reste assez symbolique, compte tenu du produit mis en œuvre en échange de cette somme, à savoir un service de transport hybride à mi-chemin entre le taxi et le transport en commun par autobus.

Suite à sa mise en place (décrite ci-après), le transport adapté s'avère être un système d'apparence coûteuse, sans doute à cause de son service marginal et de porte-à-porte, et des exigences particulières liées aux équipements spécialisés, laissant la place à toutes sortes de rumeurs sur son efficacité. Les choix organisationnels pour instaurer ce service semblent désormais difficilement modifiables, mais contribuent à victimiser encore une fois le groupe des usagers, pris en otage par le capital et les compagnies de transports (bus et taxis) : tempêtes de neige, pointes dans l'utilisation des taxis, grèves font que, paradoxalement, on parle aujourd'hui de handicaps, exogènes dans ces cas, pour les personnes handicapées.

2.3. Mise en place du Transport Adapté

Précédemment, nous avons examiné le cadre juridique du transport adapté. Il est intéressant de savoir comment les organismes de transport, et plus particulièrement la STCUM, ont répondu à ces nouveaux règlements.

2.3.1. Organisation opérationnelle

L'organisme de transport adapté (OTA) a du mobiliser ses ressources afin d'élaborer un système dédié exclusivement aux personnes handicapées. Déjà, depuis 1970, des régions industrialisées comme les États-Unis, l'Europe ou la Scandinavie ont pris conscience de la mobilité des personnes handicapées et des personnes âgées [BUSSIÈRE et al., 1996]. Plusieurs méthodes ont alors vu le jour. En constante évolution, elles ont conduit aujourd'hui à différentes variantes et celle proposée par la STCUM est ici exposée.

« Le service est offert de porte à porte, nous ne pouvons nous engager à passer vous prendre exactement à l'heure confirmée lors de la réservation. Nous nous engageons toutefois à vous prendre dans les trente minutes suivant l'heure confirmée... »³.

Pour parvenir à cette assertion, l'OTA, ici la STCUM, met à la disposition des usagers deux classes de véhicules. La première est constituée d'une flotte de

³ Source : site Internet de la STCUM, hiver 2000

minibus adaptés à la clientèle : plancher plus bas qu'un bus classique, capacité de 16 places assises avec espace suffisant pour accueillir des fauteuils roulants, sièges avec ceinture de sécurité, système de chargement avec vérins hydrauliques...

La seconde classe se compose de taxis dont les services sont payés par l'OTA aux compagnies privées de l'agglomération. Notons que certains de ces taxis sont accessibles aux personnes en fauteuil roulant (cf. Tableau 2.1). Pour le transport adapté, 60% des déplacements se font en taxi. Selon ce qui ressort de la Conférence Européenne des ministres des transports [CEMT, 1992], les taxis représentent un maillon essentiel dans la chaîne des transports accessibles. Ils sont le seul mode capable d'assurer un service de transport accessible et de porte-à-porte en tout temps, et sont un bon complément aux autres modes.

Les minibus à plancher surbaissé commencent à faire leur entrée progressivement sur les lignes de transport en commun régulières de la STCUM. Ces véhicules peuvent accueillir une trentaine de personnes et une personne en fauteuil roulant uniquement. Selon la compagnie, ce complément au service de transport adapté équipera à court terme cent lignes régulières.

Dans le but de mieux planifier le service, l'OTA définit plusieurs catégories de déplacements, selon leur fréquence.

Ainsi, la STCUM désignera par transport régulier un déplacement répétitif à heures et lieux fixes, accepté pour les 7 jours de la semaine. Il est possible

d'annuler des déplacements réguliers, ponctuellement ou définitivement. Ces demandes répétitives représentent environ 50 % des déplacements.

Un transport occasionnel est un déplacement ponctuel, un jour donné, valable pour les 7 jours de la semaine, mais il faut réserver 2 jours à l'avance.

Pour certains besoins ponctuels (rendez-vous médical, comparution en cour, spectacle, départ de l'aéroport ou de la gare...) la demande doit être mise à la poste au moins 15 jours avant la date du déplacement.

2.3.2. Qualité du service

L'OTA met à la disposition de sa clientèle différents services de qualité. Un site Internet, riche en informations et doté d'outils technologiques intéressants sur le calcul des trajets (tous azimuts...)⁴, une ligne téléphonique interactive sont deux médias fort utiles. De plus, ils sont adaptés aux divers handicaps rencontrés et assez simples d'utilisation. En effet, les personnes atteintes de surdité peuvent se rendre sur le site Internet, celles atteintes d'une déficience visuelle peuvent appeler la ligne interactive...

La ligne interactive comporte plusieurs rubriques. Les informations générales donnent des renseignements sur le service de transport adapté. L'accès sécurisé par mot de passe permet de modifier les caractéristiques du dossier

⁴ Voir le site de la STCUM à l'adresse : <http://www.stcum.qc.ca>

personnel. Effectuer des réservations, des annulations, des confirmations ou des vérifications sur les déplacements est aussi possible par ce médium. L'utilisateur peut aussi avertir l'OTA du retard d'un véhicule et savoir ce qui en résultera (changement de programme, attente...).

Néanmoins, certaines des contraintes temporelles décrites en 2.2.1. vont à l'encontre de la liberté des usagers de circuler librement, alors que c'est justement le but premier du transport adapté [BUSSIÈRE et al., 1996]. C'est notamment le cas avec les réservations.

Certes, faire part d'un déplacement connu à l'avance n'est pas véritablement une contrainte pour l'utilisateur et cela simplifie grandement le travail de l'OTA.

Mais il peut s'avérer délicat de connaître exactement ce que l'on fera dans deux jours, tout particulièrement lors d'une fin de semaine : en plus d'une entrave à la liberté, ce mode de fonctionnement conduit inévitablement à un certain nombre de désistements.

Réduire les délais de réservations simplifierait grandement la vie des usagers en plus de réduire très fortement le nombre d'annulations. Pour acquérir un système de gestion opérationnelle en temps réel ou du moins en léger différé, il faudrait ramener ce délai à la veille au soir, voire à quelques heures avant le début du déplacement.

Le souci majeur de la compagnie n'est pourtant pas là. Régulièrement, le centre d'appels où se font les réservations est engorgé. Ce symptôme récurrent tient à la lourdeur du traitement des demandes. Ce processus accapare les préposés pendant les longues minutes où ils prennent manuellement les demandes en considération [STCUM, 2000].

De ces lourdeurs découlent des temps d'attente pour être servi mais aussi pour obtenir la ligne... Améliorer le service passe par une réduction de ces temps de traitement des demandes. En aidant le préposé dans sa tâche grâce à des outils et des systèmes informatisés conviviaux et interactifs, rapides, le rendement du centre de réservation sera bien meilleur et la ligne téléphonique ne sera pas si souvent occupée.

Ayant réussi à effectuer une réservation, l'utilisateur peut encore être confronté à d'autres ennuis aussi fort désagréables.

Le manque de taxis en heure de pointe cause actuellement de sérieux problèmes aux usagers puisque des demandes sont souvent impossibles à satisfaire. Les usagers se heurtent à des retards toujours plus longs et plus nombreux, à des refus face à leur demande ou à l'obligation de la modifier, souvent en la déplaçant hors de l'heure de pointe. Actuellement, 70% des déplacements en taxi sont effectués en heure de pointe. La solution retenue par l'OTA et à venir semble être de suivre l'activité quotidienne des compagnies de

taxis afin de déterminer lesquelles sont en mesure d'honorer les demandes de transport qui leurs sont soumises.

D'autres optimisations semblent aussi réalisables au niveau des temps de parcours. Chaque individu prenant le bus subit des délais liés aux arrêts des autres usagers. Il s'agit là d'un aspect caractéristique des transports en commun, mais compte tenu des handicaps des usagers, l'embarquement et le débarquement prennent plus de temps que sur les lignes classiques de transport en commun, parfois même plusieurs minutes par passager.

Tableau 2.3 Vitesses de parcours selon le mode (en km/h)

	<i>Vitesse Taxi</i>	<i>Vitesse Bus</i>	<i>Arrêts subis</i>
Moyenne	17,15	13,94	5,44
Erreur-type	0,05	0,05	0,04
Médiane	15,90	12,90	4
Écart-type	8,85	7,23	5,52
Variance de l'échantillon	78,25	52,32	30,44
Kurstosis (applatissement)	4,32	5,36	1,42
Nombre d'échantillons	28319	18518	18518

N.B. : ces chiffres découlent des données décrites au chapitre 4.

Ainsi, on pourrait s'attendre à de fortes différences entre les deux modes de transport offerts, minibus et taxi. Le minibus peut faire subir plusieurs arrêts à un usager donné, en moyenne 5.44 après examen des données d'opération de la STCUM, (cf. Tableau 2.3) quand le taxi, comparable à un déplacement en voiture particulière, n'en fait subir qu'un seul au maximum (très rare). Mais l'examen des vitesses de parcours basé sur les données de la STCUM de

novembre 1996, démontre que le minibus reste assez compétitif, avec une vitesse moyenne seulement 3.2 km/h inférieure à celle du taxi. Le calcul des vitesses est une moyenne des vitesses pour le déplacement (paire O-D) de chaque usager.

Autre point, la fourchette de trente minutes entre l'heure prévue et la prise en charge semble difficilement compressible. D'une part, il faut considérer les aléas, tout spécialement ceux liés à la circulation, qui rendent toute prédiction très hasardeuse. Une telle fenêtre permet à l'OTA de conserver une certaine crédibilité auprès de la clientèle en cas de retards répétés. D'autre part, dans le but de mieux servir les usagers, cette flexibilité est nécessaire si l'on souhaite insérer des points d'arrêt en temps réel dans une tournée pour satisfaire de nouvelles demandes. Cette fenêtre accordée à la compagnie ne devrait donc pas nuire à la qualité du service mais lui être favorable, tant qu'elle reste effectivement respectée la majeure partie du temps. Il semble donc tout à fait raisonnable de s'en tenir à un intervalle d'une trentaine de minutes.

Toute amélioration de service entraîne une augmentation de la demande, peut-être de façon importante, et paradoxalement, c'est la qualité du service qui en souffre... Mais la prévision des déplacements induits par les améliorations envisagées sort du cadre de cette recherche.

2.4. Conclusion du chapitre

La raison d'être de cette recherche obéit sans doute à ce besoin d'équité tant convoité. Faciliter la mobilité de ce groupe en tendant vers un système de transport plus efficace semble en effet relever du paradigme exposé précédemment sur l'accessibilité et sur la liberté telle que perçue et conçue aujourd'hui.

Sur le plan expérimental, le transport adapté est une plate-forme idéale pour l'application des méthodes et des outils modernes de planification en transport.

D'un côté, il rassemble tous les aspects couramment rencontrés au niveau du transport en commun classique, plus d'autres aspects plus spécifiques qui viennent enrichir et complexifier le système de transport ; sa taille relativement limitée en terme d'usagers en fait en outre un domaine d'étude fort appréciable, car moins lourd à manipuler.

D'un autre côté, la marginalité de ce système de transport l'a tenu provisoirement à l'écart des progrès technologiques et des avancées en modélisation, conduisant son exploitation à un certain archaïsme, avec son lot de désagréments pour la clientèle. Ainsi, le transport adapté s'avère un laboratoire idéal à des expérimentations de tous ordres avec le plus de latitude possible. Avec les données réelles de la STCUM, bonifiées d'un traitement par le groupe MADITUC, les analyses subséquentes peuvent conduire à des résultats instructifs sur l'utilisation effective du transport adapté.

CHAPITRE 3

L'APPROCHE TOTALEMENT DÉSAGRÉGÉE ET SA MODÉLISATION ORIENTÉE-OBJET

Face à l'ensemble des fichiers de bases de données obtenus (cf. Chapitre 4. Bases de Données), une modélisation et une étude structurée du transport adapté nous a semblé une piste possible afin de pénétrer et analyser la demande de la clientèle, l'utilisation du sol et l'offre de transport. Cette investigation du système de transport tente une estimation de la demande, un assouplissement de la gestion opérationnelle et une optimisation de l'allocation de ressources.

Pour en pénétrer les mécanismes et la dynamique, la méthode retenue se base sur une approche totalement désagrégée et couplée à une modélisation dite orientée-objet. La partie qui suit expose les principaux concepts attachés à cette approche moderne d'analyse et à cette méthode de modélisation empruntée à l'informatique.

D'un côté, un tel choix se justifie par les résultats consistants obtenus grâce à cette méthode par le groupe MADITUC sur de nombreux aspects du transport tels que le transport de marchandises, l'exploitation d'enquêtes OD, la fabrication de tournées de déneigement, l'analyse des générateurs de déplacement, l'étude de la prolongation d'une ligne de métro (...). D'un autre côté, la représentativité des données que nous possédons (cf. chapitre 4.)

permet d'effectuer une procédure d'analyse basée sur cette approche. Le rôle des données reste toutefois limité à alimenter le modèle, mais elles permettront aussi de l'enrichir des aspects spécifiques au transport adapté.

3.1. Concepts de la modélisation Orientée-Objet⁵

« L'approche orientée-objet utilise une structure basée sur des éléments appelés "objets" pour définir un problème, le mettre en forme et offrir une méthode de résolution [MASINI, 1994]. La méthode ne s'applique pas qu'aux langages de programmation; elle peut aussi régir la modélisation de phénomènes réels sous forme de systèmes-objets. »⁶.

L'approche orientée-objet demande un vocabulaire précis ; née des langages informatiques, elle est rigoureuse et claire, et peut être appliquée, au-delà de l'informatique, à la description et la modélisation de nombreux systèmes complexes. Pour en comprendre le fonctionnement, il est incontournable d'introduire la définition de plusieurs concepts, dont les principaux sont les classes d'objets, les attributs, aussi appelés propriétés, et les méthodes.

⁵ Pour plus de précisions sur la modélisation orientée-objet, se référer à la thèse de Doctorat de M. TRÉPANIÉ (1999), d'où sont issues la plupart des définitions qui suivent.

⁶ TRÉPANIÉ, M & CHAPLEAU, R, 1997

À titre de support aux définitions suivantes, nous prendrons l'exemple des véhicules motorisés.

La classe est un moule permettant de concevoir un objet. C'est ainsi qu'elle devient une collection d'objets possédant les mêmes propriétés et méthodes. Les objets y possèdent un état, une identité et un comportement.

Dans la classe véhicule se trouvent les objets voiture, camion, bus... Ils possèdent tous les mêmes propriétés et méthodes (cf. ci-après). Mais chacun d'eux est unique (plaque minéralogique...) et dans un état particulier (arrêt, marche...).

Les propriétés caractérisent une classe d'objets. Ce sont des variables, dont la valeur varie d'un objet à un autre, si bien que la connaissance des valeurs de chaque propriété d'une classe définit un objet particulier.

Un véhicule comporte plusieurs propriétés, comme le nombre de portières, de sièges, le volume du coffre, l'année de fabrication, la couleur, un moteur, des freins, des roues, une vitesse, pour une voiture tout comme pour un bus. Mais les valeurs des différents attributs permettent de distinguer les deux types. On comprend que plus le nombre d'attributs est grand, plus il est facile de distinguer une voiture d'un autobus.

Les méthodes sont des fonctions définies pour une classe et elles agissent sur les objets de cette classe.

Avec un véhicule, il est possible d'accélérer, de freiner, de prendre ou décharger du monde ou du matériel, de klaxonner, de tourner... pour tous les types de véhicules.

De façon non exhaustive, nous pouvons citer quelques catégories de méthodes utilisées par la suite :

- **Associatives** : relie des objets en vertu de leur relation dans le système ;
- **Géométriques** : calcul d'éléments à caractère topologique ;
- **Génératrices** : utilisées ici pour la dérivation de statuts ;
- **Intrinsèques** : purement auto-référentielles, ces méthodes sont liées à la définition de l'objet et s'appliquent généralement à la collection, comme le comptage, l'ajout...
- **Statistiques** : appliquent des fonctions statistiques pour déterminer des distributions, calculer des indicateurs...
- **Spatiales** : utiles dans l'agrégation spatiale d'objets via leurs coordonnées ;
- **de Visualisation** : servent essentiellement à l'affichage d'objets ou de résultats.

Les objets sont ensuite liés entre eux par des relations qui définissent leur position respective dans le système.

On peut par exemple relier les véhicules au réseau de voirie, à des parcs de stationnements ou des personnes à des véhicules...

Ce sont là les principaux éléments constitutifs de la modélisation orientée-objet. Il existe cependant d'autres concepts tels l'abstraction, l'encapsulation, l'héritage, la généralisation et la spécialisation... qui la rendent opérationnelle et en font toute la puissance et l'adaptabilité.

Il est aussi possible de créer de nouvelles classes à partir des éléments de départ. Cette technique est aussi appelée dérivation. Elle consiste à créer de tous nouveaux objets, dont les propriétés et méthodes sont héritées des composants déjà présents. Cette caractéristique est très puissante puisqu'elle permet d'introduire des objets essentiels ou importants dans le modèle alors qu'ils sont absents dans les données initiales.

Un véhicule chargeant plus de dix personnes risque fort d'être un autobus ; un véhicule utilisé par une seule personne, une heure le matin et une heure le soir en semaine, risque fort d'être une voiture... Par des comportements observés découle la propriété «type de véhicule», attachée aux objets de la classe véhicule.

Le choix dans les définitions exposées pour expliquer la modélisation orientée-objet n'est pas absolu et certains auteurs privilégient d'autres concepts. Par exemple, selon Rizzi et Guichoux (1997) « l'approche objet repose sur quatre concepts fondamentaux que sont l'objet, la classe, l'héritage et l'envoi de messages ». La logique sous-tendant ces modélisations n'est pas sans rappeler celle des mathématiques :

« Un champ mathématique est un univers composé d'objets, de propriétés attribuées à ces objets et de vérités les concernant. Les mathématiciens travaillant dans ce champ vont bâtir des classifications

d'objets du même type, ou bien établir des liens entre les différents types d'objets, ou entre les différentes propriétés d'un même objet... »⁷

L'intérêt d'une telle modélisation de la réalité, d'un système ou d'un phénomène tient dans sa souplesse. L'ajout et la suppression de classes, de propriétés et d'objets au modèle n'influent pas sur l'organisation générale et les autres éléments constitutifs du modèle. Il est possible d'enrichir ou d'appauvrir le modèle en fonction des renseignements disponibles, ce qui rend le modèle très malléable et très adaptatif.

3.2. L'approche totalement désagrégée

La réalité peut être décrite et expliquée de diverses façons et à divers degrés de précision. Un météorologue peut ainsi dire que le sud-est connaîtra des passages nuageux, mais il y fera soleil relativement partout sauf en un endroit qui recevra des gouttes... Plus le niveau de résolution est élevé, autrement dit plus le nombre de paramètres contenus dans un modèle est grand, plus les chances de tendre vers une estimation proche de la réalité augmentent. Cette raison rend très attrayante l'utilisation d'une approche totalement désagrégée, où le maximum de renseignements peut être amené afin de tendre vers une meilleure représentativité de la réalité.

⁷ GUEDJ, D, 1996

En transport, l'approche totalement désagrégée constitue une rupture avec les méthodes traditionnelles d'analyses, généralement basées sur la procédure à quatre étapes, génération, distribution, répartition modale et affectation, désormais baptisée procédure séquentielle classique. L'agrégation dans cette procédure engendre une perte définitive des renseignements obtenus, pour aboutir à des modèles algébriques approximatifs et opaques. Les interprétations des résultats des analyses sont valables sur certains points mais il est impossible de formuler de conclusions avec la moindre certitude, les éclairages possibles se limitant aux matrices OD, aux profils de charge, sans renseignement sur la nature qualitative de l'utilisation du système de transport.

L'approche désagrégée introduite par les économistes Domencich et Mc Fadden (1975) est une première étape vers l'approche totalement désagrégée. Ils ont proposé une modélisation des comportements individuels, sous-tendue par des équations contenant des variables socio-démographiques. Ces équations permettent de calibrer le comportement probable d'un individu selon ses caractéristiques personnelles.

La modélisation totalement désagrégée des transports urbains, préconisée par le groupe MADITUC, est issue du traitement des données des enquêtes origine-destination. Elle permet de connaître et de prendre en compte à tout moment l'ensemble des paramètres qui caractérisent notre système, «par le maintien complet de la donnée dans son intégrité » [TRÉPANIÉ, 2000].

Toutes les variables issues d'une enquête sont conservées. S'ajoutent à cette liste, des dictionnaires et des variables dérivées à partir des déclarations des usagers ou du comportement de ceux-ci en terme de mobilité (statut, motif...) [CHAPLEAU et al., 1996]. Pour des déplacements, notamment en transport en commun, il est alors plus aisé :

- d'effectuer des affectations précises,
- de conserver l'information tout au long du trajet,
- de dégager des comportements chez les individus,
- de caractériser les lieux géographiques...

L'adoption d'une telle approche appelle donc une masse assez importante de données, de manière à caractériser la réalité de façon plus précise. Plus il y a de propriétés disponibles sur les objets du système plus la représentativité du modèle est grande.

L'information la plus fine possible est conservée durant tout le processus d'affectation et de simulation. Cela peut créer des difficultés de stockage et nécessiter une disponibilité importante en terme de mémoire. Cependant, avec les moyens informatiques aujourd'hui disponibles et les nouvelles méthodes de compression des données historiques, il est toujours possible de s'affranchir de cette contrainte [BRYDIA et al., 1998].

L'approche totalement désagrégée implique notamment l'acquisition des références spatiales (origine, destination, point de correspondance) de façon précise et individuelle avec un GPS par exemple, ou la désagrégation de celles-ci (via le code postal qui représente un coté d'îlot au Canada, ou une intersection de rues...) jusqu'au niveau x, y de coordonnées UTM (système Universel Tranverse de Mercator). Ainsi tous les points se voient attribuer un couple x, y qui sert de référence aussi bien aux données territoriales qu'aux données de réseau. L'identification précise des localisations, origine et destination, « permet une bien meilleure reconstitution des itinéraires des individus sur le réseau de transport collectif » [BONNEL et al., 1994].

Avec un traitement de l'information sous une forme agrégée par zones, l'accès à de telles informations est impossible. Inversement, grâce à cette approche, l'utilisateur est toujours libre d'agréger des données pour fin d'analyse d'une zone qu'il peut définir lui-même [CHAPLEAU et al., 1996], selon le principe d'agrégation de la modélisation orientée-objet.

L'approche totalement désagrégée s'avère d'autant plus judicieuse pour le transport adapté car il y est question d'une population captive. Pour elle, ce moyen de locomotion est souvent le seul qui soit en tout temps disponible. Ainsi il n'y a pas ou peu de pertes d'information sur les déplacements.

Grâce à une connaissance et une modélisation précises de la clientèle, l'OTA pourra alors anticiper les requêtes par une approche totalement désagrégée, et organiser son offre de transport de façon plus efficace.

Pour atteindre un tel degré de précision dans la description et l'étude de la réalité, dans l'analyse des comportements des usagers, il est essentiel de ne pas dégrader l'information, comme c'est le cas dans les approches agrégées. Pour y pallier, il est recommandé d'employer une approche orientée-objet, où tous les paramètres caractéristiques de notre système possèdent leur position et ont un rôle bien identifié.

Si l'on suit un usager dans son déplacement, les coordonnées de son domicile sont accessibles tout le temps, puisque le domicile est l'un de ces objets. La demande est en fait analysée à partir du concept d'itinéraire individuel de déplacement [MORENCY, 1997]. Il en est de même pour l'analyse du réseau de transport adapté (tournées des véhicules), ou encore des générateurs de déplacement et autres points stratégiques du territoire, qui sont analysés individuellement.

3.3. Synthèse des deux approches

La modélisation orientée-objet se combine presque naturellement à l'approche totalement désagrégée pour former un modèle structuré du système étudié. Une désagrégation complète de la réalité observée exige, de par la multitude des

éléments en jeu, une structure analytique qui permette de les conserver tous ainsi que les relations et les propriétés qui les définissent dans leur réalité systémique.

Par les méthodes d'abstraction, d'encapsulation, d'association (...), l'ensemble des paramètres disponibles sous forme totalement désagrégée viennent nourrir le modèle préalablement structuré avec les définitions de classes d'objet, de propriétés et de méthodes caractéristiques du système. De plus, la souplesse d'un modèle orienté-objet permet d'ajouter de nouveaux éléments dans le modèle sans avoir à recommencer de zéro.

Les étapes de conceptualisation et de modélisation, préalables à l'analyse du transport adapté, sont décrites au chapitre 5, Conceptualisation du Transport Adapté. Dans l'immédiat, le chapitre 4, Bases de Données, donne un aperçu complet des données disponibles, préalable intéressant à la modélisation et à l'analyse. Cet examen des données apporte en fait un éclairage sur les enjeux et sur les objets à considérer dans le modèle. En elles-mêmes, elles ne sont que la partie passive, le carburant du modèle qui permettra d'en faire une lecture aussi intelligente que possible.

CHAPITRE 4

BASES DE DONNÉES

En transport adapté, des méthodologies éprouvées comme les grandes enquêtes régionales Origine-Destination de la Grande Région de Montréal n'existent pas pour des fins d'analyse. Cependant, les bases de données dont nous disposons permettent de faire le parallèle avec les résultats obtenus par ces enquêtes pour la demande de transport urbain classique, dans la démonstration de l'emploi de l'approche totalement désagrégée et de sa modélisation orientée-objet.

Ces données opérationnelles du transport adapté sont un échantillon constitué de la totalité des déplacements effectués sur l'île de Montréal par les usagers du transport adapté, sur une période de deux semaines consécutives, allant du 17 novembre 1996 au 30 novembre 1996. Ainsi des questions comme la qualité de l'échantillonnage ne se posent pas, et les phénomènes de répétition quotidienne et hebdomadaire pourront être décelés.

Comme nous allons l'expliquer, les données renferment une quantité d'informations diverses. Elles sont aussi le point de départ de l'analyse et même si leur structure et leur contenu ne correspondent pas exactement à nos attentes immédiates, c'est de là qu'il est possible d'obtenir les statistiques et autres tendances qui permettent une meilleure planification et exploitation du service de transport.

Conformément à l'approche totalement désagrégée et à sa modélisation orientée-objet, les éléments disponibles peuvent varier, et donc appauvrir ou enrichir le modèle ; les données ne sont que le carburant venant l'alimenter. Les parties qui suivent décrivent le contenu et la nature des données disponibles pour notre étude.

4.1. Territoire de l'étude

Avant d'aller plus avant dans l'exposé des données, il semble important de spécifier le cadre géographique sur lequel portent ces dernières. Les limites du territoire sont celles de l'île de Montréal, zone d'action de la STCUM. Ce domaine inclut la Ville de Montréal ainsi que 26 municipalités présentes sur l'île.

4.1.1. Découpage du territoire

Pour des besoins de cohérence, le découpage retenu est celui proposé par la STCUM. Notons qu'il se retrouve aussi dans la plupart des travaux du groupe MADITUC portant sur la Communauté Urbaine de Montréal (CUM). Le territoire est découpé selon un système de zones, appelées régions, elles-mêmes découpées en secteurs. L'île de Montréal rassemble 6 régions et 41 secteurs.

Pour les régions, les différentes abréviations sont les suivantes :

- CUMA : CUM aisée, où la moyenne des revenus de ses habitants est plus élevée que sur le reste de l'île,

- CUME : CUM est, dont deux quartiers de Montréal
- CUMO : CUM ouest,
- CUMSO : CUM sud-ouest,

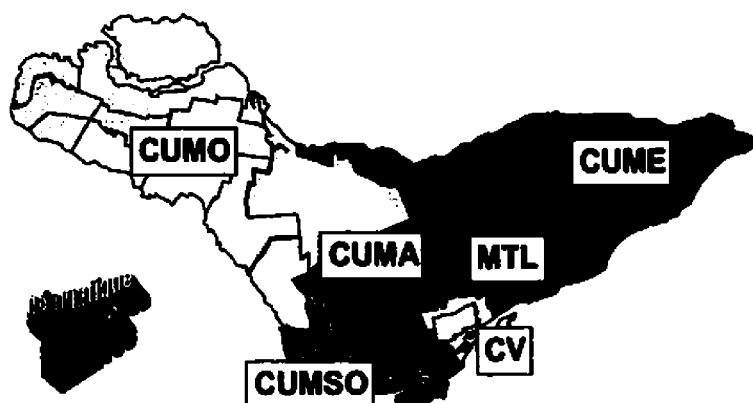


Figure 4.1 Découpage en 6 régions

- CV : centre-ville de Montréal, qui se distingue des autres régions par ses fonctionnalités propres,
- MTL : majorité de la Ville de Montréal, divisée en 10 quartiers.

Les 41 secteurs municipaux correspondent aux 27 municipalités de la Communauté Urbaine de Montréal, plus 14 parties de la ville de Montréal (numéros 1 à 14). Ces secteurs montréalais ont été définis en fonction des limites territoriales des secteurs de recensement de Statistiques Canada [CHAPLEAU et al., 1997].

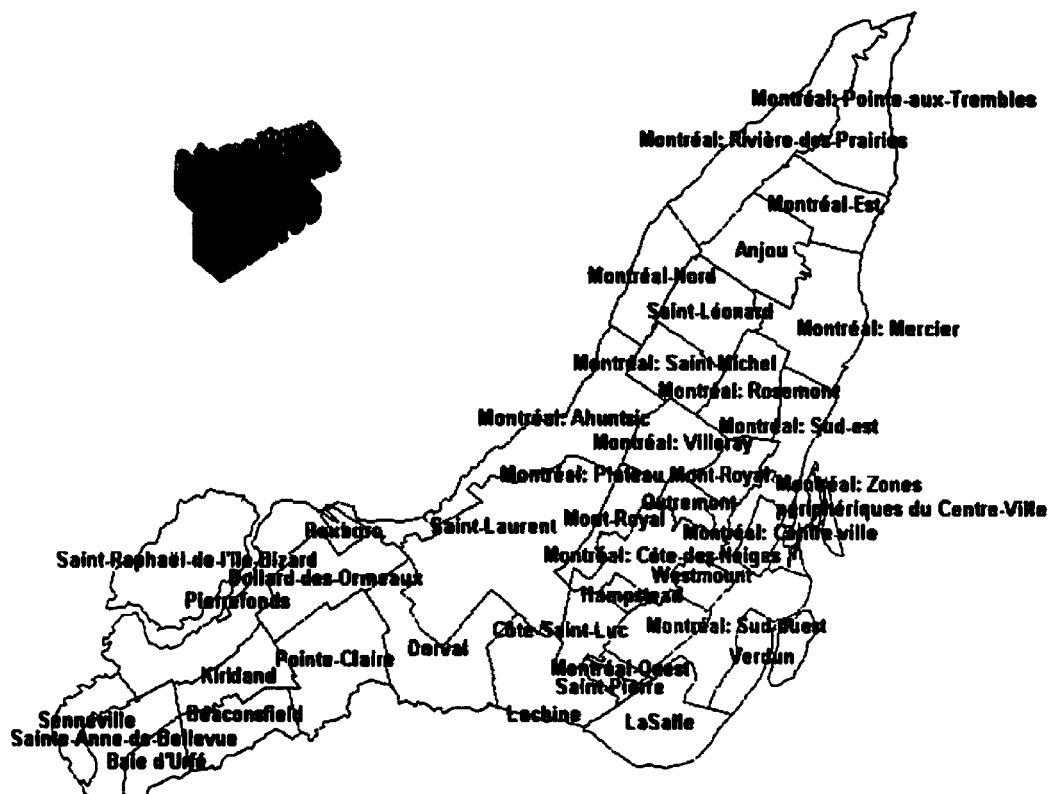


Figure 4.2 Les 41 secteurs STCUM

Ce double découpage ne revêt qu'une utilité toute relative à l'usage qui sera fait des données par l'OTA. Il n'a en effet aucune utilité en soi pour la gestion opérationnelle du service. Sur le plan administratif, peut-être aussi fiscal, il peut cependant servir à dégager des statistiques relatives à une municipalité ou une zone donnée ; sur le plan socio-économique, il permet d'effectuer certaines comparaisons de distribution de population, de mobilité entre régions voire entre secteurs. À notre niveau, il représente surtout une ossature de l'île parmi d'autres, en fait un support sécurisant au sein d'une approche totalement désagrégée.

4.1.2. Géocodage

Dans la perspective d'une étude basée sur une approche totalement désagrégée, chaque adresse civique a été géocodée. Cet enrichissement des tables de données a été effectué par le groupe MADITUC, grâce aux outils informationnels de la gamme MADITUC et à l'utilisation d'un système d'information géographique. Par exemple, le «5655 de Lanaudière » devient le (610006, 5043339). Les codes postaux, les intersections de rues sont autant de renseignements ayant permis d'attribuer un couple de coordonnées à chaque lieu [CHAPLEAU et al., 1986] [BONNEL et al., 1994]. Ce traitement des données a conduit à l'établissement d'une base solide de travail, où chaque point du territoire fréquenté par le transport adapté sur la période considérée est gratifié d'un numéro d'identification unique et d'un couple de coordonnées.

Dès lors, les informations sur les secteurs et les régions ne servent plus à localiser un lieu de façon approximative mais plutôt à trier la base de données selon un découpage territorial préétabli (cf. 4.1.1). La finesse d'un couple (X, Y) de coordonnées UTM permet de placer avec précision tout lieu sur une carte et de le visualiser rapidement.

De plus, cette attribution de coordonnées assure une identification sans réel doute possible, sans erreur ni variation dans l'orthographe des adresses. Car l'orthographe d'une adresse écrite sous différentes formes compromet toute relation dans les bases de données, puisque les chaînes de caractères ne sont

pas strictement égales. L'impossibilité de relier deux événements entraîne alors de graves pertes d'information.

Pour désigner un lieu sur le plan géographique, nous utiliserons désormais dans le texte la notation SRXY, qui sous-entend la spécification du numéro de secteur S, de région R, et du couple de coordonnées X,Y.

4.2. Description des données

4.2.1. Un premier aperçu

Les données sur le système de transport adapté, essentiellement sur l'offre et sur la demande, proviennent de la STCUM. S'y rajoutent certaines informations essentielles sur le territoire. Elles portent sur deux semaines complètes d'opération, allant du dimanche 17 novembre au samedi 30 novembre 1997.

Un premier traitement technique a été effectué par le groupe MADITUC en 1997. Il portait notamment sur le géocodage de nombreuses adresses (domiciles, arrêts) et sur le calcul des distances réelles, parcourues entre chaque arrêt par les véhicules. Pour ce faire, ces itinéraires ont été reportés sur le réseau de voirie de l'agglomération et un calculateur retourna les distances.

Les fichiers qui nous ont été transmis ont dû être réorganisés et plusieurs traitements ont été nécessaires pour clarifier et utiliser cette masse d'information.

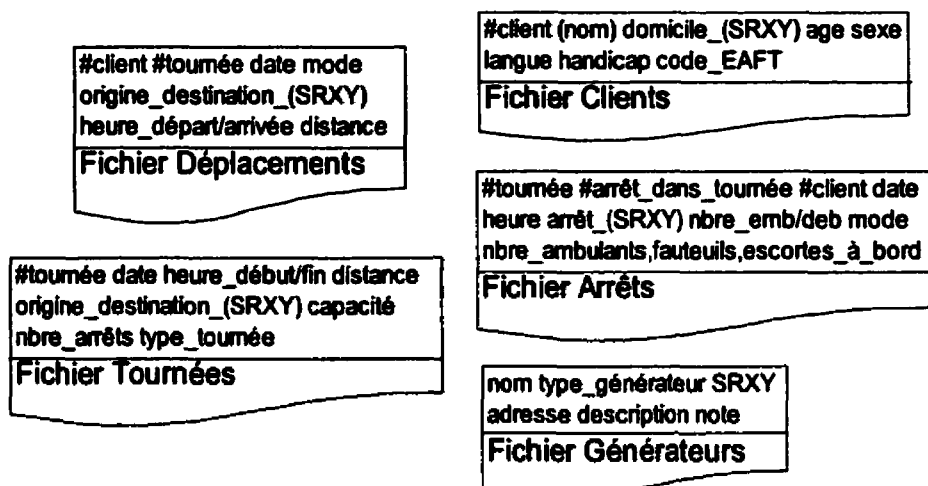


Figure 4.3 Description du contenu des fichiers .DBF

Les 15 fichiers initiaux totalisaient 40,44 Méga octets. Après clarification des données, il a été possible de trier et conserver les informations, tel qu'illustré à la figure 4.3. Chaque boîte est un tableau (fichier au format .DBF (Data Base File)) contenant les attributs indiqués, pour l'ensemble des enregistrements fournis (objets). Le format .DBF est courant en matière de tableaux de bases de données.

Pour les bases de données relationnelles, l'information est organisée et stockée dans un ensemble de tableaux reliés. Chaque colonne de ces tableaux contient les valeurs d'un certain attribut d'un objet. Chaque ligne est un enregistrement décrivant un objet de façon complète.

4.2.2. Ontologie des données

Une première analyse des données a permis de :

- se familiariser avec elles,
- mieux comprendre de quelle façon elles ont été recueillies et organisées,
- donner du sens à leur ordonnancement, la *séquence* des enregistrements,
- définir les domaines de validité des propriétés des objets ; cette étape permet de détecter ce qui pourrait apparaître a priori comme des aberrations, par exemple un enfant de 2 ans se promenant en autobus...
Cela suggère un inventaire des états possibles, réalisables.

Les clients

Le fichier relatif aux clients comportait l'ensemble de la clientèle montréalaise de transport adapté, soit plus de 15800 personnes. Les usagers mobiles, c'est-à-dire ceux ayant utilisé le service au cours de la période de 14 jours examinée, seront distingués des non-mobiles. Ces usagers représentent près de 4330 personnes, soit moins du tiers du total.

Chaque enregistrement correspond à un client, avec son numéro d'identification auprès de l'OTA, ses nom, âge et date de naissance, langue, sexe, type de handicap, code EAFT, adresse de domicile avec code postal, couple de

coordonnées UTM et numéros de secteur et de région, municipalité, le tout organisé en colonnes.

Le code EAFT, rassemblant les informations d'un client sur la présence d'une escorte (E), la capacité ambulatoire de l'utilisateur (A), le nombre de fauteuils roulant qu'il transporte (F) et la possibilité pour lui de prendre le taxi (T), aide à connaître et/ou mieux adapter la nature du service à rendre au client. Ces quatre renseignements sont stockés sous forme d'une chaîne de quatre caractères binaires. Excepté quelques codes « étranges » comme 0206 ou 1026 par exemple, aucun enregistrement ne comporte de vide.

Cinq catégories de handicap ont été définies en fonction des critères d'admissibilité au transport adapté :

- **Moteur** : personnes qui doivent se déplacer en fauteuil roulant ou qui ont des difficultés de déplacement. 49% de ces usagers mobiles se déplacent en fauteuil roulant et 65% peuvent prendre le taxi.
- **Organique** : personnes présentant des difficultés de déplacements dues à une déficience locomotrice (par exemple un dysfonctionnement ou une malformation d'un membre). Seulement 6% de ces usagers mobiles se déplacent en fauteuil roulant mais 98% peuvent prendre le taxi, soit une claire différence avec le handicap moteur.

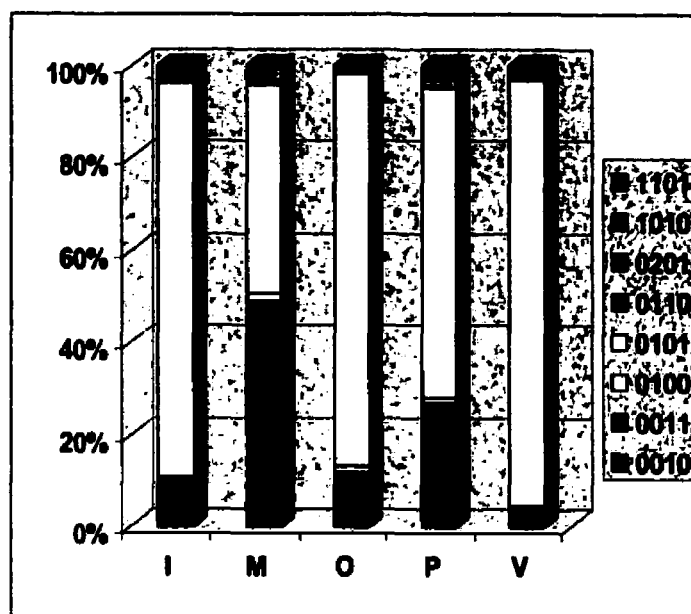


Figure 4.4 Proportion des codes EAF pour chaque handicap

- **Psychique et Intellectuel** : personnes ayant une déficience mentale ; la première catégorie englobe les maladies d'ordre psychologique et psychiatrique, et la seconde est réservée aux personnes ayant des capacités de raisonnement limitées.
- **Visuel** : personnes ayant une déficience visuelle.

Le handicap est à distinguer de l'incapacité et de la déficience. Selon une définition de Bussière (1996), ces trois concepts signifient :

Tableau 4.1 Distinction entre Déficience, Incapacité et Handicap

Déficience	Incapacité	Handicap
anomalie structurelle ou esthétique du corps causée par la maladie	effet de la déficience sur le fonctionnement et l'activité de la personne	désavantage limitant ou empêchant l'accomplissement d'une activité jugée normale
Désordre Organique	Désordre Fonctionnel	Désordre Conjoncturel

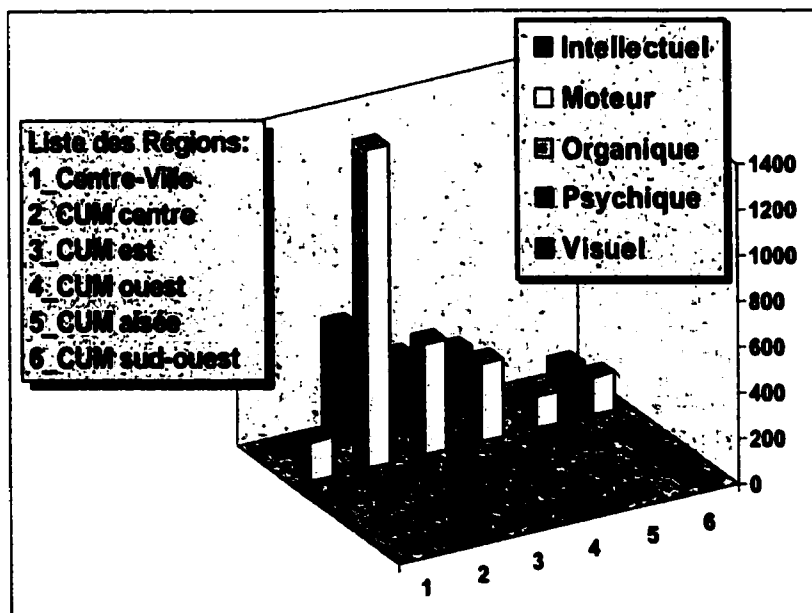


Figure 4.5 Handicaps par région de domicile

La répartition par handicap selon la région du domicile (cf. 4.1.1 Découpage du territoire, pour une description des régions de l'île) est illustrée à la figure 4.5.

Les handicaps moteurs sont les plus courants. Les handicaps organiques ou visuels sont, à l'inverse, très peu nombreux.

Certains enregistrements comportent un vide dans le champ Handicap. Dans la majorité de ces cas, l'adresse du domicile n'existe pas ou correspond au centre de transport adapté de la STCUM, rue Jarry. De plus l'âge est toujours inférieur à 5 ans et le sexe n'est pas spécifié. Après vérification, il s'avère que ces codes indiquent des problèmes techniques intervenus lors d'une tournée : panne, oubli d'un client, pause, jumelage de deux tournées...

Les adresses

Dans cette table sont consignés plus de 700 enregistrements qui correspondent à des générateurs de déplacement couramment desservis par le service de transport adapté de la STCUM sur l'île de Montréal. Chaque lieu est décrit de la manière suivante : nom d'usage, description sommaire, numéro de téléphone (pas toujours) et adresse civique.

Les arrêts des bus, des taxis

Les deux fichiers, jumeaux, contiennent les mêmes types d'enregistrements relativement à chacun des deux modes. Un enregistrement correspond à la descente ou à la montée d'un client dans un véhicule, avec identification précise du client (avec nombre d'escortes, de fauteuils), du lieu (SRXY, adresse et clef primaire), de la date et de l'heure, et du véhicule sous forme d'un numéro de tournée couplé à un numéro de séquence dans la tournée. Un champ précise le mode : taxi ou bus.

Les lieux sont marqués d'un numéro d'identification, de type clef primaire. Après un examen de quelques valeurs, il est apparu que ce numéro est issu d'une attribution arbitraire lors de la procédure de géocodage, et basée sur l'adresse civique. Il apparaît que certains lieux possèdent plusieurs numéros d'identification. Ces occurrences multiples tiennent en partie au nombre d'orthographes possibles d'une adresse, à l'omission d'un espace, à l'introduction d'un trait d'union. Cela crée une contrainte si l'on souhaite procéder par numéro de clef primaire pour une analyse géographique, car des enregistrements peuvent nous échapper lors d'une analyse individuelle des arrêts. Une agrégation par couple de coordonnées X,Y est envisageable afin de s'absoudre de ce manque d'uniformité dans l'orthographe des adresses.

Une concaténation des deux fichiers arrêts bus et taxi paraît souhaitable afin d'avoir une couverture plus complète du système (opération toutefois impossible avec Excel ®, car le nombre d'enregistrements excède le nombre de lignes d'une feuille). Sinon, il peut y avoir une perte d'information, lors d'un traitement des arrêts par mode, notamment sur les clients qui changent de mode. De plus, en conservant les deux fichiers disjoints, les procédures d'analyse sont alourdis car il faut effectuer deux fois les mêmes étapes.

La séquence des enregistrements de ces fichiers permet d'accéder à plusieurs types d'informations selon le tri qui est fait. Un tri dans l'ordre suivant permet de connaître :

- **Date- Numéro Tournée- Numéro Séquence**, donne accès aux tournées pour un jour donné ;
- **Coordonnées Arrêt- Montée/Descente**, permet de connaître la liste des personnes s'étant destinées à un lieu particulier. Il est alors possible de connaître l'activité de ce lieu.
- **Numéro Client- Date- Heure Départ**, fournit l'ensemble des arrêts demandés par chaque usager, donnant ainsi un aperçu de l'utilisation faite par ce client du service de transport adapté. L'activité de ce client se déduit de ces différents arrêts, sur le plan spatial et temporel. Les chaînes de déplacements d'un individu découlent de ce type de tri.

Les déplacements

Ce fichier, riche en information, recense toutes les paires O/D de déplacements sur la quinzaine, tous modes confondus. Il est très semblable aux fichiers sur les arrêts, mais apporte d'autres renseignements sur le déplacement, tels la durée ou la distance, et bien sûr les deux extrémités du déplacement alors que les arrêts n'en comporte qu'une des deux.

Selon le tri effectué sur les champs, il est possible d'obtenir différentes perspectives, tout comme dans le cas des arrêts. Mais notons que ces enregistrements ont un niveau de résolution moins fin car moins désagrégué que pour les arrêts. Nous privilégierons donc souvent les arrêts aux paires OD.

CHAPITRE 5

CONCEPTUALISATION DU SYSTÈME DE TRANSPORT ADAPTÉ

L'objectif sous-jacent de cette étude est d'automatiser la gestion des opérations du système de transport adapté de Montréal, notamment par l'exploitation d'outils informatiques. Typiquement, toute nouvelle requête devrait pouvoir être insérée dans le modèle instantanément, le cheminement des véhicules être suivi en direct, avec la connaissance précise des passagers à bord et des déplacements de chacun d'eux. La réservation devrait aussi pouvoir se faire en direct et le préposé de disposer d'un outil informatique l'aidant dans sa tâche.

Pour atteindre ce niveau d'analyse, il est nécessaire de formuler un schéma conceptuel clair. Il doit définir les relations et les interactions entre les différentes classes d'objets, afin d'assurer un fonctionnement efficace du système d'aide à la décision (SIAD) envisagé ici. Les actualisations de la base de données, les rafraîchissements d'écran et la rapidité d'exécution dépendent directement de la qualité de ce schéma, et la pertinence des résultats dépend de son inspiration de la réalité.

La figure 5.1 est issue du site Internet du Groupe MADITUC sur les STI. Elle rassemble les différentes classes d'objets intervenant dans notre système. On y trouve aussi d'autres objets qui ont leur importance, mais qui n'influent pas sur la gestion opérationnelle du transport adapté à travers les bases de données.

Directement inspiré de la réalité physique, ce schéma organisationnel montre les interconnexions entre les différents objets mentionnés. Il donne un bon aperçu de la structure et des composantes de la base de données et de ses relations.

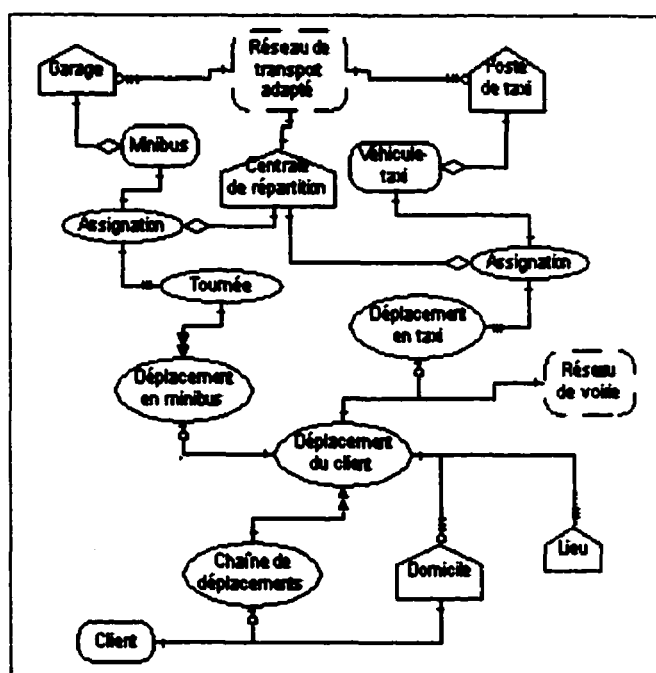


Figure 5.1 Modèle-objets mis en relation

Les étapes qui suivent sont donc essentielles dans la perspective d'une utilisation de l'approche totalement désagrégée et d'une modélisation orientée-objet. La compréhension et la structuration de l'ensemble des paramètres caractéristiques du système sont des préliminaires incontournables à une exploitation intelligente des données.

5.1. Les objets du TA et leurs propriétés

Dans le cadre du transport adapté, la modélisation orientée objet appelle plusieurs termes spécifiques, les classes d'objets Client, Déplacement, Tournée de véhicule, Lieu. Comme décrit par la suite, les objets sont dotés d'attributs les décrivant, et ils s'insèrent dans des «champs» ou «univers» particuliers ; en transport, ces univers forment le triptyque réseau, territoire et demande, introduit par Chapleau (1994).

L'unicité de chacun des objets d'une classe nécessite la définition d'une clé primaire permettant une identification exacte. Il s'agira souvent d'un numéro de type index. Une combinaison d'attributs, par exemple un couple de coordonnées pour les lieux, peut dans une certaine mesure constituer une identification.

5.1.1. La classe Lieu

Un objet de la classe lieu est défini par ses coordonnées X,Y (système de coordonnées UTM) pour la localisation. Ces coordonnées sont elles-mêmes issues de son code postal (CP) ou encore de son adresse civique. De plus, un découpage de l'île de Montréal en 6 régions et 41 secteurs permet une localisation rapide du lieu en question et d'établir des tendances par quartier, municipalité ou autre domaine plus agrégé.

Ainsi un lieu se voit doté d'un numéro d'identification arbitraire (clef primaire) et de quatre nombres porteurs d'une signification géographique: SRXY.

D'autres attributs viennent s'ajouter, tels la nature du lieu qu'il est possible de connaître de manière directe (type déclaré) ou indirecte (type dérivé probable). Nous nommerons différemment les lieux selon le contexte, à savoir un domicile pour un client, un arrêt pour un véhicule, une origine et une destination pour un déplacement, mais si le vocabulaire change, le concept et les attributs restent les mêmes.

Certains lieux spécifiques, les générateurs de déplacements, ont pu être identifiés grâce à une banque d'adresses fournie par la STCUM. En effet, plusieurs adresses reviennent fréquemment dans les déplacements des usagers. Il semblait donc opportun d'identifier les générateurs s'y rattachant, de façon qualitative, en leur attribuant une description plus précise. Parmi ces attributs, nous pouvons citer les centres culturels et les lieux de loisir et de détente, les hôpitaux et les centres d'accueil, les centres d'achat... Reste ensuite à architecturer l'ensemble des données de façon efficace pour capter les enjeux qui gravitent autour des différents points du territoire. Il devient alors possible de dériver des informations sur le comportement des usagers et les motifs de leurs déplacements.

5.1.2. La classe Client

Un client sera identifié de façon unique par son numéro de dossier et caractérisé par divers attributs tels l'âge, la langue (français ou anglais), le sexe, l'adresse du domicile (couple de coordonnées UTM, CP, municipalité, secteur,

région...), le type de handicap (Moteur, Psychique, Organique, Visuel, Intellectuel), le code EAFT.

À ces attributs déclarés s'adjoindront des propriétés dérivées comme le statut de l'utilisateur : travailleur, étudiant, malade, autre...

5.1.3. La classe Déplacement

Dans le cas des paires OD, les déplacements sont caractérisés par une origine et une destination (lieux), le client qui l'effectue, le type de véhicule utilisé (minibus ou taxi), la date et les heures de départ et d'arrivée, l'identification de la tournée dans laquelle ils s'insèrent. Avec ces renseignements, il est possible de calculer et/ou de dériver d'autres attributs tels que la durée, la distance (à vol d'oiseau ou réelle grâce à l'itinéraire suivi), le nombre d'arrêts subis par usager...

Connaissant la nature des destinations, il est possible de dériver le motif du déplacement, grâce à la nature du générateur impliqué, combinée à l'âge de l'utilisateur (étude, retour au domicile, loisir, etc.). Cet attribut viendra compléter la description des objets déplacements.

5.1.4. La classe Arrêt

Dans le cas des arrêts de véhicules, le déplacement n'est pas explicite pour un enregistrement donné. Néanmoins, il est possible de reconstituer la paire OD

grâce aux données sur l'heure, la date, le numéro de tournée et la personne. Les informations attachées à ce type d'objet diffèrent sensiblement de celles d'une paire OD : pour un arrêt, seuls sont fournis le lieu, le client, la tournée, l'instant et l'action (montée ou descente du véhicule).

L'objet Arrêt, par sa petite dimension comparativement à un Déplacement (deux fois plus de renseignements), renferme une information essentielle, précise, pointue, et finalement utile dans la perspective d'une modélisation totalement désagrégée, où finesse et «petitesse» des objets rendent le modèle plus souple, plus proche de la réalité, plus désagréé.

5.1.5. La classe Tournée

Les tournées sont identifiées par un numéro attribué par l'OTA. Sont aussi précisés le nom de la compagnie s'il s'agit d'un transport en taxi, le type de véhicule et sa capacité, la date, les heures de début et de fin, la séquence complète des arrêts avec les numéros de client, le lieu et l'heure. À partir de ces renseignements, il est possible de connaître la distance totale parcourue, le taux moyen d'occupation du véhicule sur la journée, la séquence des types d'arrêts (embarquements : + et débarquements : -), l'occupation du véhicule...

En faisant la synthèse des classes ainsi énumérées et de la structure triangulaire du transport collectif, il est possible de dégager l'ossature de notre système relationnel (figure 5.2).

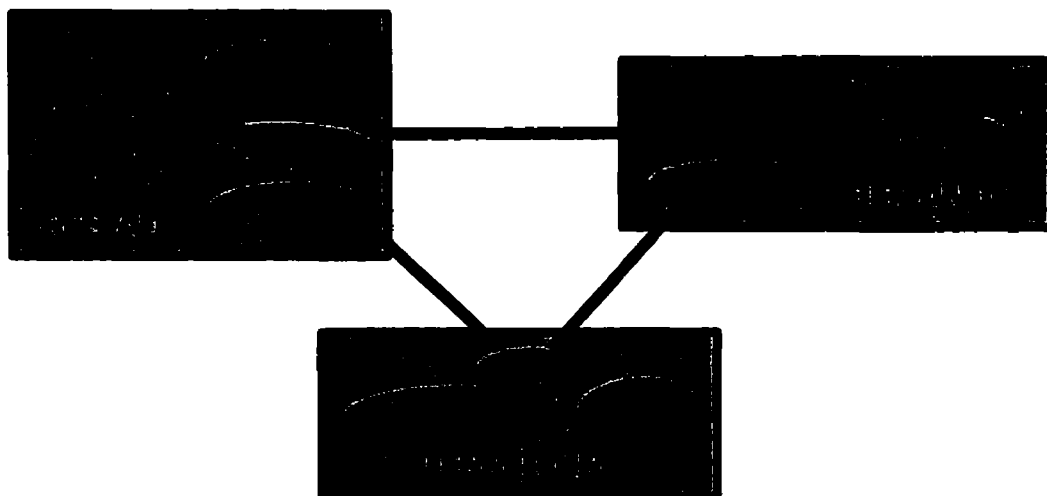


Figure 5.2 Union de 3 « univers »

5.2. Relations entre les objets du T.A.

Comme cela a été précisé, à partir de l'information déclarée, il est possible de définir, ou encore de prévoir différents types de renseignements sur les objets impliqués, notamment en ce qui a trait à leur comportement, à leur activité ou à leur statut. Grâce à des schémas modélisant la réalité et reliant les objets du TA selon plusieurs perspectives, il nous sera ensuite possible d'observer, de comprendre et de nommer les choses de manière assez fiable.

« La technique fait appel à des notions informationnelles de statut dérivé, obtenu par l'analyse et l'exploitation fine de localisations, de

méta-statuts de personnes et des interrelations avec des chaînes de déplacements/activités. »⁸

Les informations connues et déclarées permettent d'extrapoler avec une assez grande certitude, de manière à découvrir des attributs passés sous silence, ou d'attacher des propriétés à des objets. Ces propriétés permettent ensuite de mieux caractériser les objets auxquels elles font référence. Puis, par rétroaction, ces informations mises à jour peuvent éclairer d'autres objets et il est ainsi possible de leur attribuer des propriétés à leur tour.

La définition de plusieurs perspectives sous-tendant le système permet de mieux définir les relations entre les objets. C'est ce qui est proposé ici. Décomposer la réalité selon des points de vue variés permet de mieux la comprendre :

« Un modèle peut être défini comme une représentation simplifiée de la réalité, qui focalise sur certains éléments importants pour analyser cette réalité d'un point de vue particulier. »⁹ (traduction libre)

⁸ CHAPLEAU, R., «une carte d'utilisation du sol dérivée d'une enquête origine-destination »

⁹ ORTUZAR & WILLUMSEN (1994) in Modeling Transport

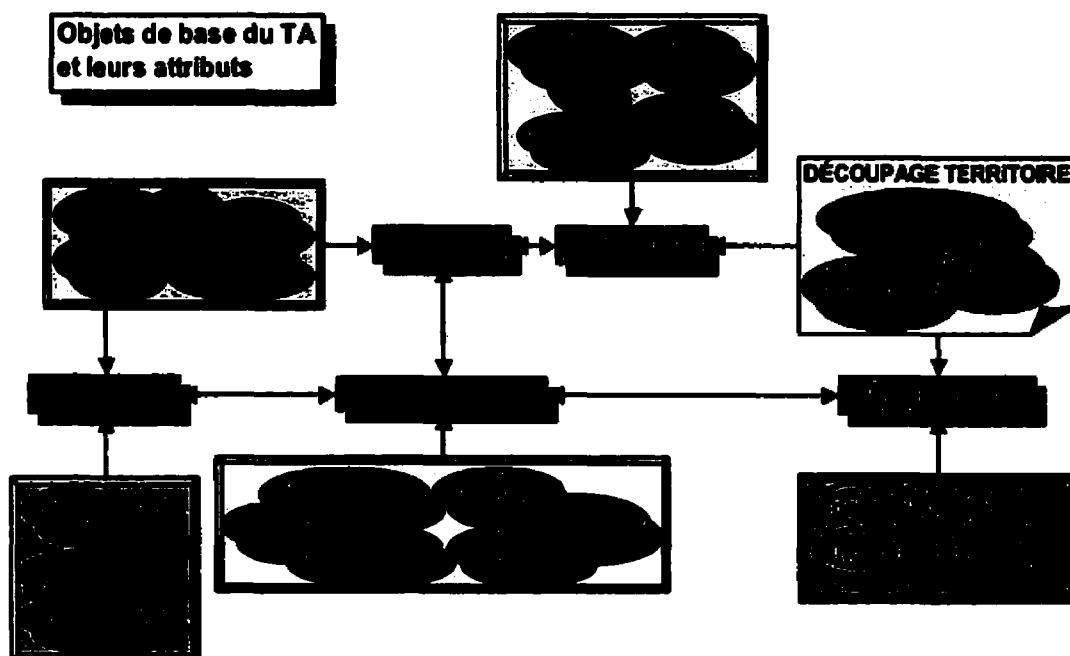


Figure 5.3 Système relationnel orienté objet

Modélisation et architecture du système relationnel sont intrinsèquement liées. Selon la contiguïté adoptée pour les objets et leurs attributs dans cette architecture, les données permettent de tirer différents enseignements : la proximité informationnelle retenue entraîne un traitement particulier des variables [CHAPLEAU, 1993].

À chaque perspective envisagée correspond une architecture particulière dans le but de mieux cerner la problématique du système : activité humaine, chaîne de déplacements d'une personne, utilisation du territoire, exploitation du système de transport...

5.2.1. Perspective Générateur/Arrêt

Les générateurs de déplacements sont les entités cachées derrière les origines et les destinations des déplacements des usagers. Ils dépassent largement la notion d'arrêt qui n'est que la traduction en terme d'opération de transport de l'influence d'un générateur.

Le faible pouvoir de mobilité des usagers permet cependant de faire l'amalgame entre ces deux notions interdépendantes, étant donné que les chauffeurs déposent (respectivement embarquent) les usagers au plus près du générateur de déplacement auquel ils se destinent (respectivement d'où ils proviennent). Gardons cependant à l'esprit qu'un arrêt n'égale pas un générateur en général, loin s'en faut (cf. ci-dessous Problèmes de voisinage) ! Mais compte tenu de la forme des données à notre disposition, cette assimilation momentanée permet d'effectuer des analyses pertinentes. En dernier lieu, une transition, par agrégation spatiale, permettra de passer des arrêts aux générateurs.

Pour les besoins de l'étude la classification suivante a été adoptée pour distinguer les divers types d'établissements, mais son degré de raffinement peut varier selon l'utilisation souhaitée : centre d'accueil/hôpital, centre de jour/atelier, domicile strict, école/université, loisirs, grand ensemble, panne/pause, résidence multiple (domicile de plusieurs usagers du TA), service, transport, travail, non significatif et pas défini.

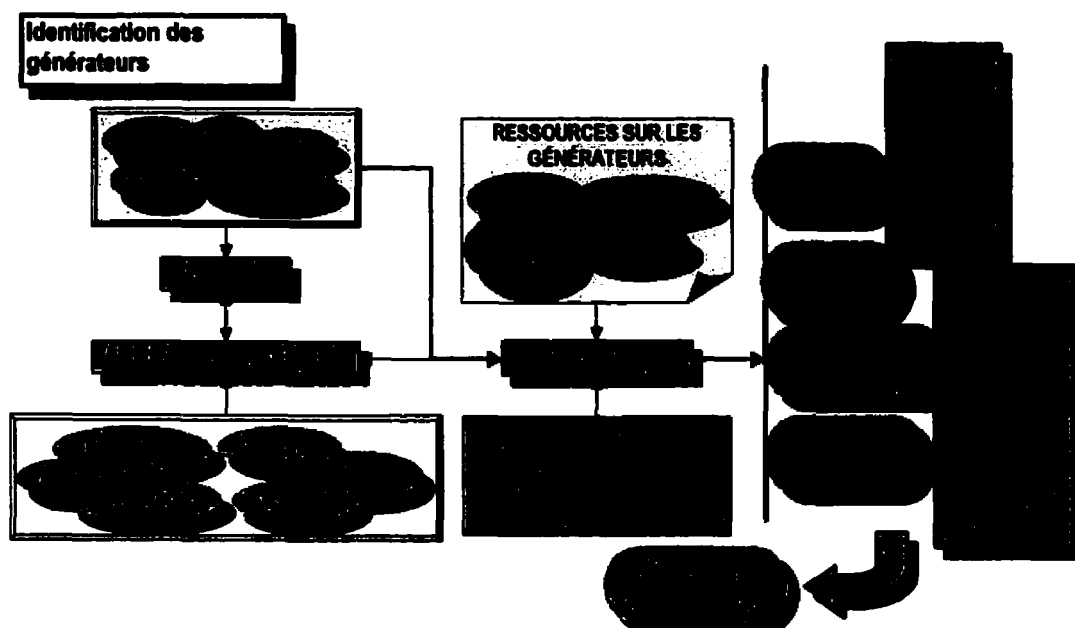
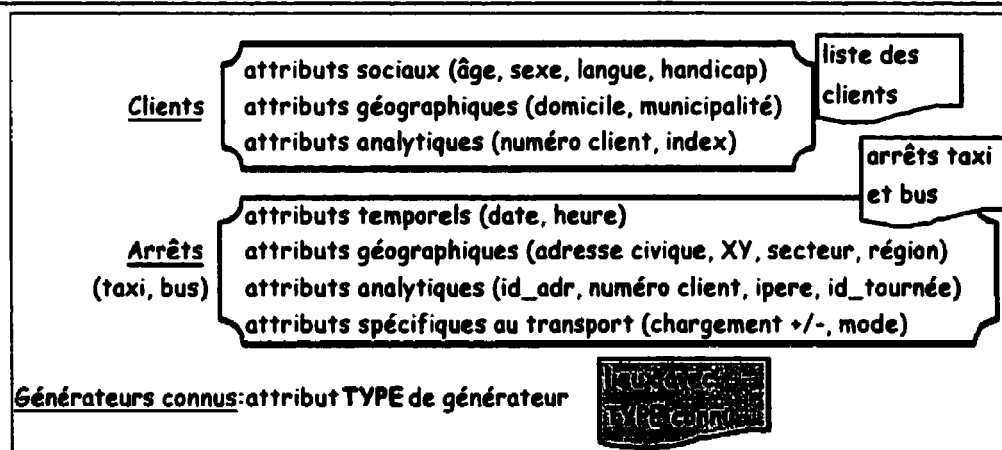


Figure 5.4 Perspective Générateur

Chacun de ces types de générateurs s'accompagne d'un certain comportement, tout comme un individu a ses habitudes de déplacements et d'activités. En analysant de façon fine et totalement désagrégée la nébuleuse qui gravite autour d'un générateur, il est alors possible d'en dériver le type probable, selon des caractéristiques communes à sa classe : l'âge moyen et le type de handicap des usagers qui le fréquentent, la fréquence de leurs visites, la plage horaire des activités, les jours d'activité... Il s'avère donc crucial d'analyser le comportement des générateurs, afin d'anticiper la demande de transport qu'il est susceptible d'occasionner, à quelle période du jour et de la semaine, pour quel type de clientèle (profil des utilisateurs, déplacements en taxi ou en bus...) pour adapter l'offre en conséquence. Les attributs des déplacements reliés à un

lieu et ceux des clients qui effectuent ces déplacements suffisent généralement pour définir, ou du moins saisir, la nature et la fonction d'un lieu. En organisant les données selon une perspective axée sur les générateurs, il est alors possible de constituer une banque d'informations complète sur les lieux fréquentés. Les résultats de notre analyse sont consignés dans la partie 6.2, Utilisation du sol.

Tableau 5.1 Objets mis à contribution pour catégoriser les générateurs



Phase préparatoire

La première tâche est d'inventorier tous les points d'arrêts des bus et des taxis, sans qu'il y ait de répétition. Le géocodage préalable de ces points a conduit à l'introduction d'un index définissant chaque point de façon unique au regard de son adresse civique (unique seulement en théorie, car les orthographes multiples viennent perturber ce principe). Ainsi la reconnaissance des différents points du territoire peut se faire à partir de cet index.

Le dictionnaire d'adresses déjà connues permet d'attacher le type déclaré d'un lieu (figurant généralement dans le nom de l'établissement). Cet attachement a pu se faire par requête SQL avec un lien entre les adresses civiques. Il reste donc assez approximatif étant donné les erreurs et la grande variabilité présentes dans l'orthographe d'un lieu. Cependant, cette étape apporte à l'analyse une certaine forme de validation, puisque type dérivé et type déclaré pourront être comparés et le cas échéant confondus si la dérivation est correcte. Dans le cas contraire, un examen de l'algorithme de détermination du type sera nécessaire afin d'y détecter des faiblesses et y apporter les améliorations souhaitables.

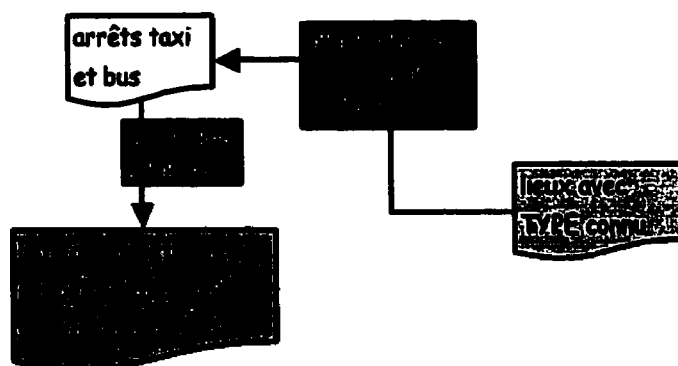


Figure 5.5 Pré-traitement des points d'arrêt du service de TA sur les 14 jours

Ces opérations ont conduit à l'obtention d'une table contenant tous les points d'arrêt du service de transport sur les quinze jours, soit environ 5700 objets «Lieu». Certains possèdent un type déclaré, tous possèdent une paire X,Y de coordonnées, une adresse civique et un numéro d'identification.

Méthodes appliquées aux points d'arrêt

Conformément à la modélisation orientée-objet, le processus de reconnaissance d'un lieu exige la définition de méthodes. Les méthodes appliquées aux points d'arrêt, que nous nommerons les objets lieux, et finalement aux générateurs de déplacements relèvent de six catégories : associatives, intrinsèques, statistiques, génératrices, géométriques et spatiales.

Tableau 5.2 Méthodes appliquées aux objets «Lieu»

Méthodes	Énoncé	Classes impliquées	Résultat
Génératrice & Associative	Lieu.Associe(Arrêt)	Liste des lieux Arrêts_taxi Arrêts_bus	Crée sous-classe des arrêts de véhicule pour un lieu donné
	Lieu.Associe(Client)	Liste des lieux Arrêts associés	Extrait enregistrements sur les clients ayant visité un lieu donné
Intrinsèque	Arrêts.Compte(-)	Liste des lieux Arrêts associés	Donne le nombre de Débarquements (et d'embarquements:(+))
	Lieu.Jours.Compte		Nbre de jours où il y a eu des arrêts de véhicule
	Clients.Compte	Liste des lieux Clients associés	Compte le nombre de visiteurs d'un lieu
Statistique & Associative	Lieu.Ouvert(HMin) Lieu.Fermé(HMoy) ---	Liste des lieux Arrêts associés	Heure du débarquement le plus tôt (aussi:moyenne, plus tard, variance...)
	Lieu.Fréquence		Nbre moyen de visites par jour actif
	Lieu.Actif(WE) (et:(semaine))		Part des visites entre 21h vendredi et 1h lundi

	Lieu.Rép.Sexe	Liste des lieux Clients associés	% d'hommes et femmes
	Lieu.Rép.Age		Répartition par tranche d'âge: cohortes de 10 ans
	Lieu.Rép.Handicap		Part de chaque handicap
	Lieu.Rép.Langue		% anglo- et francophone
Géométrique	Domi&Lieu.CalculDist	Liste des lieux Clients associés	Donne distance moyenne du lieu aux domiciles
Spatiale	Lieu.Trouve(rayon)	Liste des lieux	Extrait les lieux inclus dans un périmètre donné
Génératrice	Lieu.DétermineType	Liste des lieux	Attribue un type à un lieu après comparaison entre observations et patron
	Lieux.Agrège		Crée les Générateurs via les lieux, en respectant la hiérarchie des Types

Spécificité de chaque Type de Générateur

Les caractères distinctifs retenus pour chaque type se basent sur différentes sources de connaissance, parmi lesquelles un certain bon sens, quelques préjugés et des observations faites sur les lieux dont le type est déjà déclaré. Notons qu'un module d'apprentissage serait un apport intéressant pour des analyses plus systématiques sur l'utilisation du territoire.

Afin de choisir parmi les onze catégories retenues, il est indispensable de définir des critères pour chacune d'elles. Certaines catégories comportent des caractéristiques similaires donc les regroupements par branche suivants ont été introduits pour alléger les descriptions.

Tableau 5.3 Type de Générateur par branche

Branche Domicile		Branche Autre		Branche Activité
domicile strict	c. accueil hôpital	services	loisirs	travail
résidence multiple		gd ensemble	parne pause	école université
		transport		c. jour atelier

Les trois types de la branche Domicile ont comme caractéristiques communes d'être un domicile pour au moins une personne dans la liste des clients, une telle reconnaissance pouvant se faire par identification des coordonnées X,Y. Les jours et les heures de fréquentation peuvent être quelconques (aucune restriction), mais on observe une heure de départ inférieure à celle d'arrivée pour un résident un jour donné. Peu de personnes se destinent à un domicile strict, tout au plus deux ou trois résidents et ponctuellement leurs amis, donc si la clientèle est régulièrement de plusieurs personnes, il s'agira des autres types de la branche. Un centre d'accueil désignera aussi un CLSC (centre local de services communautaire), un cabinet médical spécialisé (médecins, spécialistes, infirmiers...). Ce type est semblable à un hôpital mais sa taille est moindre. Une résidence multiple est un domicile pour plusieurs usagers, dont l'uniformité dans les handicaps, la langue en usage et l'âge, et l'activité observée permettent de faire la distinction avec un centre d'accueil.

Pour les trois types de la branche Activité, la répétition quotidienne des visites en semaine et ce, de la part des mêmes personnes, est un bon indicateur. La

fréquentation avoisine le zéro en fin de semaine. Un lieu de type Travail désigne une place non spécialisée où se rendent presque chaque jour (en semaine) un à deux usagers handicapés, dont l'âge est entre 25 et 55 ans. Le type centre de jour / atelier rassemble tous les lieux spécialisés accueillant des personnes handicapées pour y effectuer un travail, une activité socialisante, une rééducation / réadaptation...

La troisième branche rassemble six types dont les traits communs sont l'ouverture 7 jours sur 7 à toute heure et la durée assez brève de l'activité (selon les observations, entre 1h et 4h par usager). Les services englobent magasins, centres d'achat, administrations, et la distinction avec les loisirs est souvent délicate. Les loisirs englobent centres sportifs, culturels, restaurants, bars, cinéma etc., mais aussi des lieux privés comme des domiciles d'amis ou de famille car il est souvent impossible de les en distinguer par le comportement observé. Les grands ensembles sont une échappatoire pour les inclassables qui recoupent divers types de comportement (école, travail, loisir, service...), localisés le plus souvent en centre-ville. Leur nom (si connu, ex. : Place Ville Marie, Ste Catherine...) permet de les détecter lors d'une interrogation à l'utilisateur par le modèle. De même pour le type Transport, i.e. les gares, aéroports, stations de métro, le nom permet de conclure.

Algorithme

Le tableau suivant synthétise la série d'opérations pour dériver le type d'un lieu.

Tableau 5.4 Algorithme de dérivation du type d'un lieu

Examen séquentiel des arrêts :But: dériver le TYPE d'un arrêt/générateurAlgorithme:

- 1_ rassembler le plus d'information possible pour l'arrêt examiné, principalement :
 - _ type déclaré ? domicile d'un usager ?
 - _ clientèle (nombre, âges, sexes, handicaps, langue)
 - _ heures de fonctionnement
 - *pour les 15 jours
 - *pour les arrivées et les départs
 - _ fréquence des visites
 - _ zone d'influence par rapport aux domiciles de ses clients
- 2_ analyser ces informations et en déduire le type probable en fonction des spécificités propres à chaque type
- 3_ attribuer le type retenu au générateur étudié dans la table "liste des arrêts"
- 4_ passer au suivant.

Problèmes de voisinage

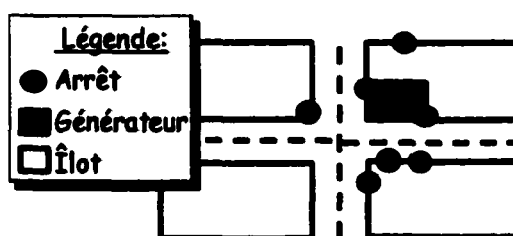


Figure 5.6 Distinction Arrêt/Générateur

Pour s'affranchir des orthographes multiples, de la multiplication des points d'arrêt autour d'un générateur et pour repérer ces générateurs, une agrégation selon X,Y peut être une solution assez conservatrice.

Les propriétés d'un lieu ont fourni son type selon divers critères. Une hiérarchisation est alors possible pour les onze types retenus, afin d'agglomérer des lieux voisins en regard de leur type dérivé. Ainsi une résidence multiple et un domicile voisins peuvent être regroupés en résidence multiple, un service et un hôpital en un hôpital. La dominance d'un type sera quantitative (occurrences d'un type dans un voisinage) si le plan qualitatif ne permet de conclure.

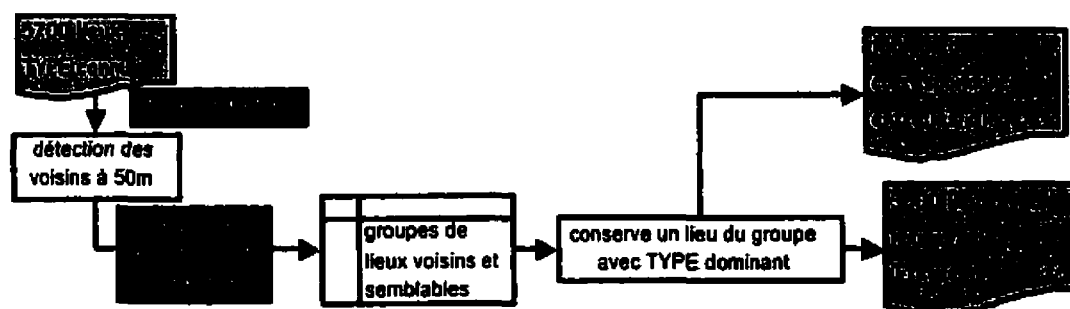


Figure 5.7 Agrégation de lieux proches sur le plan spatial et comportemental

Deux dangers surgissent lors de ces agrégations. Pour deux générateurs voisins de même type, il est impossible de les différencier. Et, dans le cas d'un générateur puissant, les affectations de déplacements risquent de lui être entièrement attribuées quand des usagers se destinent à son voisinage, pour des motifs peut-être différents. Mais de tels amalgames ont déjà pu avoir lieu lors de la dérivation des types. Dans les deux cas, il est donc essentiel d'avoir choisi de fins critères sur la définition des types dérivés et un rayon d'agrégation assez faible (ici un carré de 50 mètres de côté).

5.2.2. Perspective Client

L'examen de la demande permet de dériver plusieurs propriétés porteuses d'une grande signification : grâce aux données sur les déplacements et les caractéristiques socio-démographiques privées des clients, l'analyse des itinéraires individuels fournit des motifs aux déplacements, et par la suite, un statut pour chaque personne. Les motifs retenus sont santé, travail, étude, loisir, magasinage et autre.

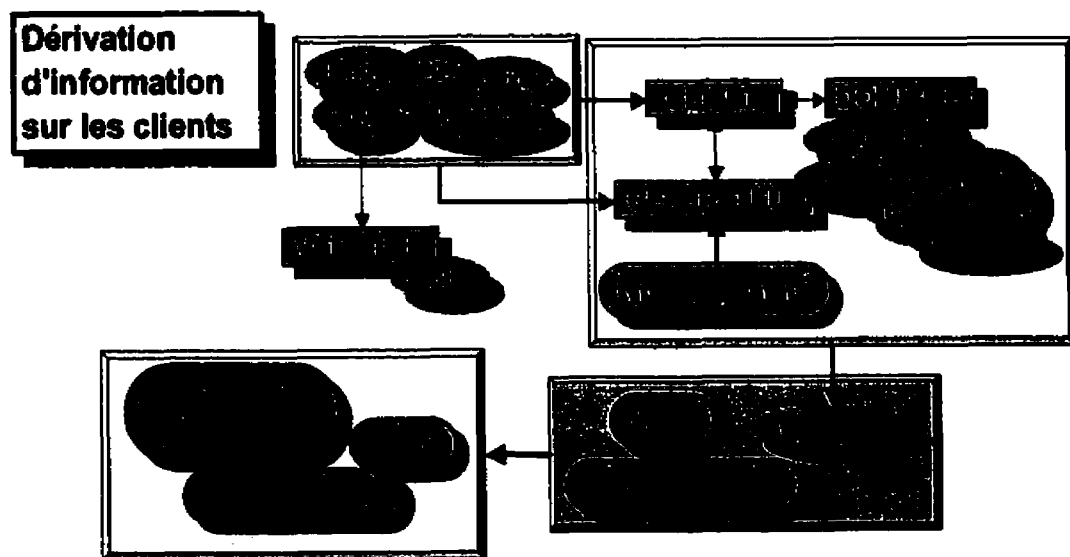


Figure 5.8 Perspective Client

Nous pouvons accéder à l'emploi du temps d'un individu, connaître ses activités et donc ses besoins et ses habitudes entre termes de déplacements. Avec une organisation des informations contenues dans la base de données tel qu'illustré à la figure 5.8, l'appréhension de la motivation des usagers et l'établissement de leur statut, typiquement travailleur, étudiant, malade, autre, sont relativement

objectifs car, de manière générale, les usagers se destinent exactement au générateur figurant dans le déplacement, et dont le type est désormais connu suite aux estimations faites dans la partie précédente. Un découpage plus fin des statuts permet de mieux cerner la clientèle, comme d'ajouter un indicateur quantitatif de mobilité ou de combiner au statut une caractéristique secondaire de la personne telle que "aime les loisirs" ou "sort la fin de semaine"...

Les données utilisées dans cette section sont essentiellement celles relatives à la clientèle, à ses déplacements et les résultats obtenus dans la partie précédente sur les arrêts et les générateurs. Précisons simplement que deux index ont été introduits, l'un permettant de changer de personne et l'autre de déplacement, pour simplifier l'exécution des algorithmes sur la dérivation du motif et du statut.

Un travail de traitement, consécutif aux simulations sur les générateurs (partie précédente), a permis d'identifier les générateurs situés aux extrémités de déplacements des usagers, origine et destination, et d'y adjoindre leur type fraîchement dérivé.

Méthodes utilisées dans l'analyse de la demande

Comme dans le cas des générateurs de déplacements, des méthodes sont à définir pour traiter les données relatives à la demande en transport. Le tableau suivant recense les principales.

Tableau 5.5 Méthodes appliquées aux objets de la classe «Personne»

Méthodes	Énoncé	Classes impliquées	Résultat
Associative	Personne.Associe(Dépl)	Clients mobiles Déplacements OD	Liste des déplacements d'un individu s/ 14 jours
	Dépl.Associe(Lieu)	Liste des lieux Déplacements OD	Propriété type et index liées aux extrémités
	Lieu.Associe.Dépl(Orig&Dest)		début(dest) & fin(orig) de 2 dépl. liés par 1 lieu
Intrinsèque	Personne.Compte(Dépl) <i>(aussi pour les week-ends)</i>	Clients mobiles Déplacements OD	Donne le nombre de Déplacements
	Personne.Jours.Compte <i>(aussi pour les week-ends)</i>		Nbre de jours où il y a eu des déplacements
	Personne.Compte(Lieux)		Compte le nbre de lieux visités par une pers.
Statistique	Lieu.HeureArrivée(Moy) Lieu.HeureDépart(Moy)		
	Personne.Motif.Compte		Part et nbre des motifs de déplacement
	Personne.Lieu.Compte(visites) <i>(total et week-end)</i>		
Génératrice	Personne.Détermine(Statut) Personne.Détermine(Particul.)		Attribue un statut à un individu en fonction des propriétés de ses dépl.
	Dépl.Détermine(Motif)		Attribue un motif à une paire OD

Algorithme de dérivation des motifs de déplacements et du statut des usagers

Tableau 5.6 Algorithme de dérivation du motif d'un déplacement (paire OD) et du statut d'un usager

Examen séquentiel des déplacements des clients :

But: dériver le MOTIF d'une paire OD et
dériver le STATUT d'un usager

Algorithme:

- 1_ extraire un client
extraire ses déplacements
- 2_ rassembler le plus d'information possible
pour le déplacement examiné, principalement :
 - _ retour au domicile de et pour l'usager ?
 - _ le client (âge, sexe, handicap, langue)
 - _ jour (et indicateur week-end) et heure d'arrivée
 - _ le type de la destination
 - _ fréquence des visites du client pour la destination
*pour les 15 jours
- 3_ analyser ces informations et en déduire le motif probable
selon les critères de définition retenus pour les 6 motifs
puis attribuer le motif retenu au déplacement étudié
- 4_ passer au déplacement suivant s'il en reste, sinon
- 5_ compter les différents motifs et en déduire le statut du client
et dégager une particularité dans le comportement du client
- 6_ passer au client suivant.

L'examen se fait par ordre de priorité, si bien qu'une fois un motif trouvé, l'algorithme passe au déplacement suivant. Les critères retenus pour les 6 motifs sont les suivants :

- Retour au domicile : la destination est égale au domicile du client ;

- **Santé** : le type de la destination est un hôpital ou un centre d'accueil, et la durée pendant laquelle le client y séjourne est d'une heure au minimum ;
- **Travail** : l'heure à laquelle commence la visite de l'utilisateur au générateur de destination est dans une fourchette de deux heures, autour de l'heure moyenne à laquelle cette personne arrive habituellement à cet endroit ; la durée pendant laquelle elle y séjourne est dans une fourchette de une heure par rapport à la durée moyenne et d'au moins quatre heures ; l'utilisateur s'est rendu là au moins cinq fois en quinze jours ; enfin l'utilisateur a entre 25 et 66 ans, ou entre 20 et 66 ans si la destination n'est pas une école ou une université ;
- **Étude** : avec les mêmes critères que pour le motif travail, si l'utilisateur a moins de 26 ans et que la destination est une école ou une université ; ou, le déplacement n'est pas en fin de semaine, le séjour à la destination dure de 2 à 9 heures, le type de la destination n'est ni un domicile, ni une résidence multiple, ni un centre de transport et la personne a moins de 26 ans ;
- **Loisirs** : le déplacement a lieu en fin de semaine et la destination n'est pas un lieu de service ; ou l'arrivée se fait après 21 heure ; ou le type de la destination est un lieu de loisirs et la durée de séjour y est inférieure à 5 heures ; ou la personne a plus de 60 ans et la destination n'est pas un hôpital ni un centre d'accueil ;

- **Magasinage** : la destination est un lieu de service, ou le séjour à la destination commence avant 21 heure et dure moins de 4 heures ;
- **Autre** : aucun des motifs précédents n'a pu être validé.

Une fois connus les motifs de tous les déplacements d'un individu sur quinze jours, il est possible d'estimer son statut. Cette estimation peut se faire après la dérivation des motifs de déplacements ou pendant celle-ci, avant chaque changement de personne. Comme dans le cas des motifs, un ordre de priorité a été introduit pour distinguer les trois principaux statuts : malade, travailleur, étudiant.

- **Malade** : 25% des déplacements sont pour des motifs de santé ou 5 déplacements sur 14 jours ;
- **Travailleur** : la personne a moins de 65 ans, les déplacements pour motif de travail sont supérieurs à 5 en 14 jours et supérieurs à ceux pour raison de santé ou d'études ;
- **Étudiant** : idem travailleur, en remplaçant études par travail et inversement ;
- **Autre** : aucun des trois autres statuts.

Toujours par ordre de priorité, voici les particularités choisies et caractérisant plus finement les comportements individuels de déplacement et d'activité :

- **Étudiante** : plus de 3 déplacements pour motif étude si le statut est différent de **Étudiant** ;
- **Travaille** : plus de 3 déplacements pour motif travail si le statut est différent de **Travailleur** ;
- **Malade** : plus de 3 déplacements pour motif santé si le statut est différent de **Malade** ;
- **Activités annexes** : plus de 5 déplacements pour les motifs loisirs et services confondus ;
- **Très mobile** : plus de 15 déplacements en 14 jours ou plus de 12 jours d'utilisation sur 14 ;
- **Mobile en fin de semaine** : plus de 3 déplacements en fin de semaine ou 15% des déplacements effectués les samedis et dimanches ;
- **Peu mobile** : moins de 5 déplacements en 14 jours.

Notons que les critères choisis pour déterminer les propriétés dérivées entraînent certains biais dans celles-ci à cause de l'ordre de priorité, mais fournissent une base intéressante pour les analyses ultérieures, d'autant que cet ordre est établi en allant du caractère le plus spécifique au plus général.

5.2.3. Les Tournées : modélisation de l'offre

Plusieurs aspects gravitent autour d'un véhicule. Outre le plus évident, l'aspect transport en commun, avec des clients, la prochaine destination [...], il s'y rattache des informations sur le chauffeur, telles le repos, le nombre d'heures travaillées, sur l'entretien du véhicule, des statistiques sur les tournées...

Certaines données manquantes, portant notamment sur les chauffeurs, l'identification précise et détaillée des véhicules, empêchent une inspection en profondeur de cet aspect du système. Cependant, d'autres aspects sont accessibles et porteurs de plusieurs enseignements sur l'organisation de l'offre.

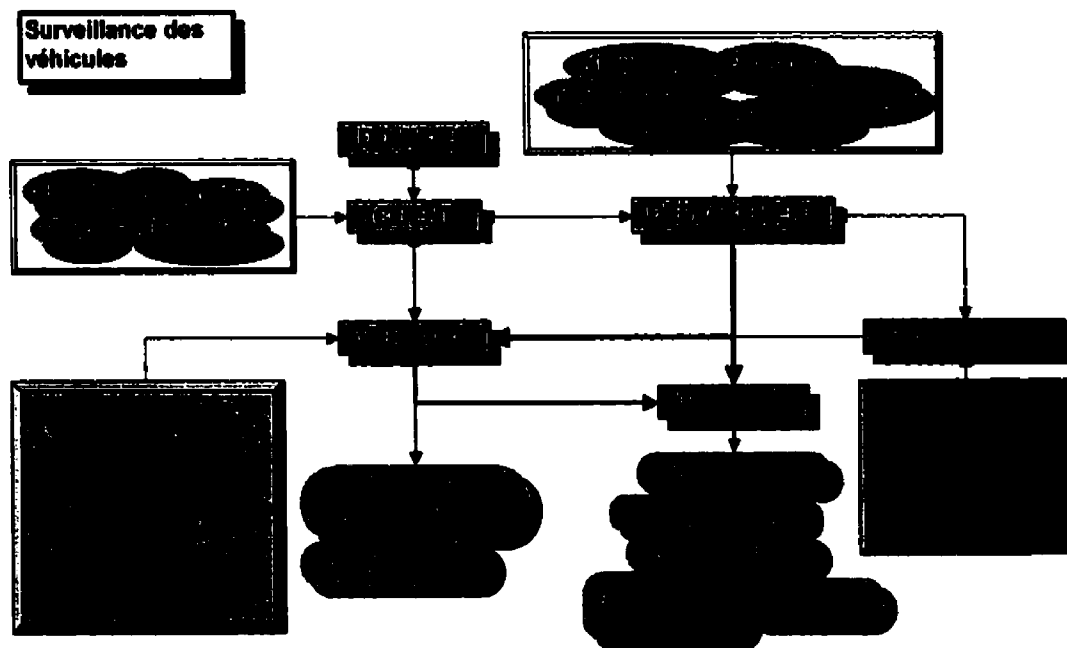


Figure 5.9 Perspective Véhicule

Le choix d'un mode, et même d'un véhicule, pour un déplacement est déterminé par la disponibilité des véhicules, donc par le jour et l'heure, les caractéristiques de la personne, la localisation des points d'origine et de destination, les contraintes horaires du déplacement et de ceux en cours de réalisation, les contraintes sur la capacité du véhicule...

Tous ces paramètres influent sur le choix du répartiteur. Nous nous proposons au chapitre 6 d'examiner le poids de certains de ces facteurs dans le choix modal et l'affectation, et nous tentons une analyse sur la qualité de gestion de la flotte de bus.

5.3. Conclusion du chapitre

Le traitement de données individuelles des déplacements privilégié ici assure une description aux dimensions multiples : il y a l'aspect géographique du déplacement avec les données à référence spatiale, l'aspect socio-économographique lié à l'usager qui effectue le déplacement et l'aspect concernant l'utilisation du réseau de transport.

Ces trois fonctions du système de transport ne sont d'ailleurs pas sans rappeler celles attribuées à la ville et décrites par Alain Bonnafous et Hugues Puel¹⁰ comme un ensemble complexe constitué d'un système de localisation, d'un

¹⁰ A. BONNAFOUS & H. PUEL, *Physionomies de la ville*, Éditions ouvrières, Paris, 1983

système d'activités économiques et sociales et d'un système de déplacement [BOUF et CROZET, 1992].

La conceptualisation moderne introduite par l'approche totalement désagrégée et sa modélisation orientée-objet laisse présager la possibilité d'applications multiples et des perspectives nouvelles. Le plus grand intérêt d'une telle approche semble être sa proximité avec la réalité. Sa flexibilité permet d'ajuster et d'enrichir les schémas conceptuels afin de se rendre toujours plus proche du réel. Elle permet aussi d'avancer des conclusions pertinentes car elles sont basées non pas sur des tendances lourdes qui sembleraient désigner un comportement, un mouvement d'ensemble, mais sur des faits concrets, observés et quantifiables.

L'exploitation des données qui suit (chapitre 6) utilise cette approche pour dégager des comportements chez les clients, mais aussi pour les générateurs et enfin pour les tournées. En nommant les tendances que suivent ces objets conformément aux propositions faites dans la présente partie, la planification et la prévision des demandes pourraient être plus aisées et plus opportunes.

CHAPITRE 6

ANALYSE DE MOBILITÉ

Les parties subséquentes traitent principalement de l'étude comportementale des plus importants objets cités précédemment. Dans l'optique d'une planification en temps réel, la connaissance des comportements des usagers, des générateurs, des véhicules, etc., s'avère un atout puissant. En effet, la répétition de certains phénomènes dans l'espace et dans le temps exige une étude de type comportementale, sur une base totalement désagrégée afin de percevoir des habitudes de déplacement, d'activité et de fonctionnement des divers objets rencontrés. Finalement, il est possible de dégager des « patterns », en français patron ou modèles comportementaux pour chaque profil de personne, de lieu ou de tournée. Ces techniques sont regroupées sous l'appellation « Data Mining » ou « Data Meaning », dont une définition pourrait être : « Comment trouver un diamant dans un tas de charbon sans se salir les mains » [Renaud FINAZ].

La mise en place de l'offre et la gestion de la demande peuvent se trouver simplifiées par cette appréhension du système de transport ; en effet, avec une meilleure compréhension du système, il semble légitime de s'attendre à une allocation de ressources plus appropriée.

6.1. Temporalité

Que ce soit en terme d'horaire, de durée, de jour ou de date, le temps fait partie intégrante du système, il en est même une des composantes essentielles. La raison principale est que la majorité des activités humaines en est tributaire.

Grâce à la répétitivité de phénomènes dans le temps, il nous est alors possible de caractériser des comportements, de dériver de l'information, d'optimiser l'allocation des ressources, de prévoir la demande. Cette répétition peut intervenir tout aussi bien à l'échelle quotidienne qu'hebdomadaire ou saisonnière.

Les données dont nous disposons s'étalant sur deux semaines, il est impossible d'y déceler des variations saisonnières. Toutefois celles-ci existent, a fortiori au Québec où les saisons sont fortement marquées. Notre analyse des variations temporelles portera donc exclusivement sur celles de la journée et de la semaine.

6.1.1. Notion de jour moyen

En faisant la somme de tous les déplacements effectués pour une zone et une période de temps donnés puis en divisant cette somme par le nombre total de jours d'observation, on trouve le jour moyen. Ce nombre traduit combien de déplacements sont effectués un jour «normal», ouvrable, en fait un jour artificiel.

L'introduction de ce concept de jour moyen dans les études des déplacements permet de connaître, de façon approximative, la situation relative d'un jour donné pour un lieu donné.

En effet, faisant le rapport entre ce nombre et le total des déplacements d'un jour J donné, on obtient un ratio situant ce jour J par rapport à tous les autres de la période. De même, il est possible de comparer les jours moyens de deux mois ou de deux saisons afin de déceler des variations saisonnières. Ce concept a une utilité relative et plus utile dans les études portant sur de longues périodes.

Tableau 6.1 Ratios entre les déplacements par jour et le jour moyen

Jour:	Lun	Mar	Mer	Jeu	Ven	Sam	Dim	1ère	Jour moyen:
Ratio:	1.14	1.30	1.29	1.27	1.33	0.36	0.30	semaine	
Jour:	Lun	Mar	Mer	Jeu	Ven	Sam	Dim	2ème	3359 dép.
Ratio:	1.19	1.24	1.29	1.27	1.31	0.38	0.33	semaine	

Les deux semaines ont le même profil, avec des fins de semaine très peu achalandées et des lundis moins chargés que les quatre autres jours de semaine, qui sont a priori relativement comparables.

6.1.2. Volumes et phénomènes de pointe

En Amérique du Nord, les gens travaillent en majorité de 9h à 17h. Il en va souvent de même pour les travailleurs ayant un handicap. Comme pour tous les autres modes de transport, le transport adapté subit donc des variations

importantes d'activité et de demandes au cours d'une même journée. Les heures de pointe –matin, midi et soir- sont clairement marquées sur une journée type de semaine. Basée sur une légère agrégation des données fournies (le nombre total d'embarquements, par tranches de 5 minutes), l'analyse des heures de pointe et des volumes nous apprend ceci :



Figure 6.1 Évolution de la demande un jour de semaine

- Du lundi au jeudi, les heures de pointe du matin (7h-9h30) et du soir (14h30-16h30) rassemblent chacune 35% des déplacements journaliers et celle de midi (11h-12h30) environ 7% ;
- Du mardi au jeudi, les volumes sont comparables avec environ 4300 déplacements/jour, alors que le lundi est moins chargé (3900 dépl./jour) et le vendredi plus chargé (4430 dépl./jour) ;
- L'heure de pointe du vendredi soir (26%) est moins marquée que les autres jours de semaine, au profit de celle de midi (10%) ;

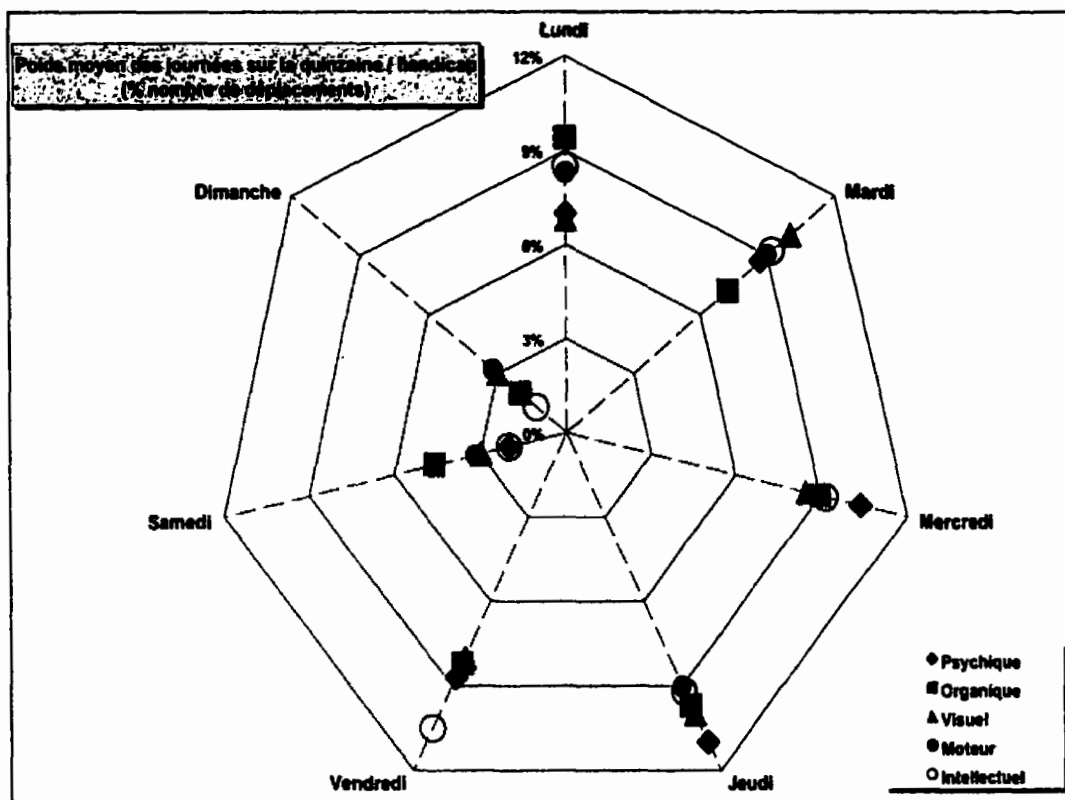


Figure 6.2 Poids moyen de chaque journée sur la quinzaine par handicap

- Les fins de semaines sont très distinctes, avec un volume compris entre 1000 et 1200 déplacements, sans aucun phénomène de pointe.

6.1.3. Synthèse

Le transport adapté connaît une variation significative en terme de volume de personnes transportées au cours d'une journée de semaine.

Sur le plan quantitatif et au niveau d'agrégation choisi, les deux semaines de données fournies sont très similaires. Comme il est mentionné au paragraphe

6.3, cette similarité se trouve aussi au niveau de l'analyse individuelle des comportements des usagers d'une semaine à l'autre.

La variabilité des niveaux de demande au cours d'une même journée amène la question de la gestion des ressources : pour faire face aux pics de la demande, l'OTA doit être en mesure de répondre efficacement et avec les moyens mis à sa disposition.

La flexibilité introduite par les taxis permet alors de concentrer la flotte de minibus dans les zones de forte demande et de limiter les détours des tournées très achalandées à de simples crochets.

6.2. Utilisation du sol

La connaissance de l'utilisation du territoire qui est faite par le groupe d'usagers du transport adapté est essentielle afin d'adapter l'offre en conséquence. Ainsi, comprendre comment le territoire fonctionne au fil des heures et identifier les zones très actives, analyser et quantifier l'attraction que suscite tel lieu, voilà autant de questions dont les réponses sont cachées dans les bases de données.

« La demande en transport est dérivée, elle n'est pas une fin en soi. Les gens se déplacent pour satisfaire un besoin à leur destination. Pour comprendre la demande en transport, il faut d'abord comprendre comment les services satisfaisant ces besoins sont distribués dans l'espace. » [ORTUZAR et WILLUMSEN, 1994] (traduction libre).

Ainsi le point de départ de l'analyse sera donné par l'examen des générateurs de déplacements. Dans le cadre de l'étude sur le transport adapté, divers types d'établissements et autres lieux d'activité des personnes handicapées entrent en ligne de compte. Certains de ses générateurs sont spécifiques à la clientèle handicapée, alors que d'autres sont des lieux plus communément rencontrés, tels les musées, les magasins, les universités...

Tel que mentionné précédemment, grâce aux adresses fournies par la STCUM sur les principaux lieux desservis par le transport adapté, il est possible d'opérer une catégorisation des établissements via la description sommaire qui leur est attachée. Souvent, le nom de l'établissement (centre d'accueil Edmond Laurendau, Palais de Justice...) suffit pour le classer dans l'une des catégories. En couplant cette première méthode de classification à une recherche sur Internet, pour les établissements dont on connaît le nom, un nouvel attribut, le type d'établissement, vient enrichir la base de données d'un type déclaré. Pour les autres points d'arrêt, suite aux simulations effectuées avec les données disponibles et conformément aux méthodes décrites aux chapitres 3 et 5, un type dérivé a pu être obtenu la plupart du temps. Voici donc quelques éléments de réponse sur l'utilisation du territoire faite par les personnes handicapées.

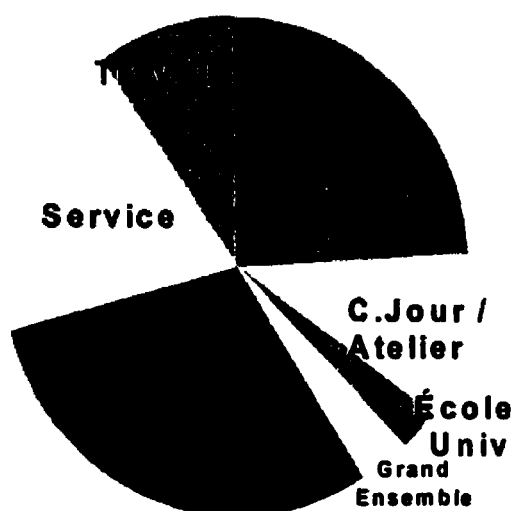
6.2.1. Quelques chiffres

Nos simulations ont permis d'attribuer un type à chaque arrêt effectué par les minibus et les taxis en quinze jours. Ces arrêts sont au nombre de 94060 et ont

révélé 5694 lieux différents qui, une fois agrégés (cf. 5.2.1), ont permis de dégager 3496 générateurs de déplacement potentiels, incluant les domiciles.

Tableau 6.2 Inventaire des générateurs du T.A. par type

TYPE	Nombre
C.Accueil / Hôpit.	261
C.Jour / Atelier	113
Domicile Strict	1802
École / Univ	30
Grand Ensemble	37
Loisirs	321
Non Significatif	211
Panne / Pause	1
Pas défini	115
Résidence Mult.	287
Service	207
Transports	5
Travail	106
Total	3496



Seulement 9% des générateurs n'ont pu être classés, ce qui reste très bas car il n'est pas rare qu'un individu se destine à un lieu de façon très sporadique et soit le seul des usagers du transport adapté à s'y rendre. Une large part des générateurs (60%) sont des lieux de résidence pour les personnes handicapées. Les sept catégories porteuses d'une signification plus constructive sont réparties tel qu'illustré ci-contre.

On y apprend que les loisirs et services sont relativement nombreux (15% du total). La raison est double : la simulation a pu introduire un certain biais

favorisant ces deux types aux caractéristiques assez floues, mais aussi ces lieux sont nombreux car certains ne concernent que peu d'individus et chaque individu peut fréquenter plusieurs de ces lieux en deux semaines, d'où cet effet de poids.

Les centres d'accueil et les hôpitaux forment une catégorie importante, à cause du grand nombre de centre d'accueil qui sont des services de proximité éparpillés sur le territoire urbain. La spécificité de la clientèle étudiée a révélé ce phénomène, puisque le réseau de la santé est plus souvent mis à contribution par ces personnes.

Les 219 lieux de travail, ateliers et centres de jour représentent une part non négligeable des lieux fréquentés, laissant présager un grand nombre de travailleurs au sein des usagers. Ces personnes dynamiques effectuent nombre de déplacements et utiliseront comparativement plus le transport adapté que d'autres catégories (cf. 6.3).

6.2.2. Éléments spatiaux

La répartition des générateurs sur le territoire revêt un aspect essentiel dans la planification. Connaître les concentrations de générateurs de déplacements, et les types pour les heures et jours de fonctionnement, savoir où résident les plus mobiles d'entre les usagers, sont autant de renseignements qui permettent d'orienter au mieux l'offre de transport.

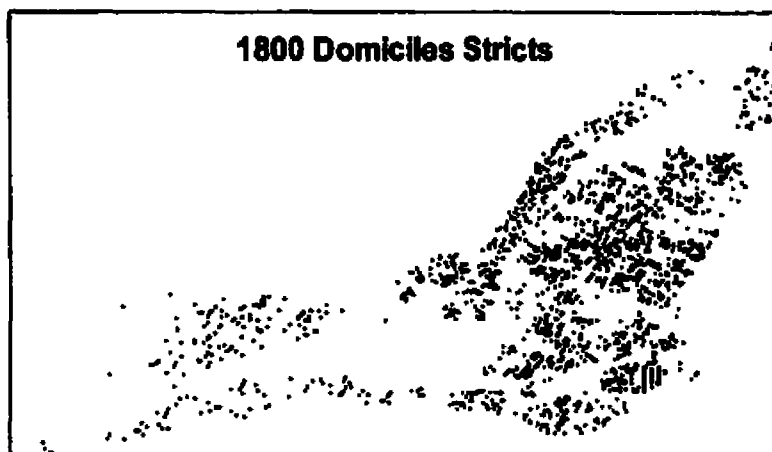


Figure 6.3 Spatialisation des domiciles des usagers mobiles

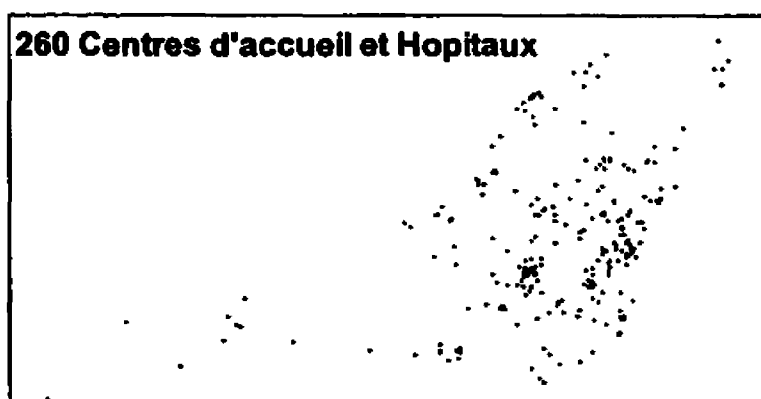


Figure 6.4 Spatialisation des centres d'accueil et hôpitaux

L'observation des lieux de domicile des usagers mobiles montre une forte concentration des domiciles autour du centre-ville et des zones fortement urbanisées. Le degré de captivité élevé de cette population la contraint à rester près des services tant spécialisés que généraux et concentrés au centre-ville. En outre, excepté pour l'ouest de l'île –Roxboro, Pierrefonds, Dollard des

Ormeaux, Saint Raphaël de l'île Bizard-, la correspondance entre domiciles et centres d'accueil et hôpitaux est presque parfaite (cf. figures 6.3 et 6.4).

La tendance au centralisme des places où se destinent les personnes handicapées est confirmée par l'examen de la concentration des 3496 générateurs de déplacement. L'étalement de ces derniers est quasiment exponentiel lorsqu'on s'éloigne du centre-ville.

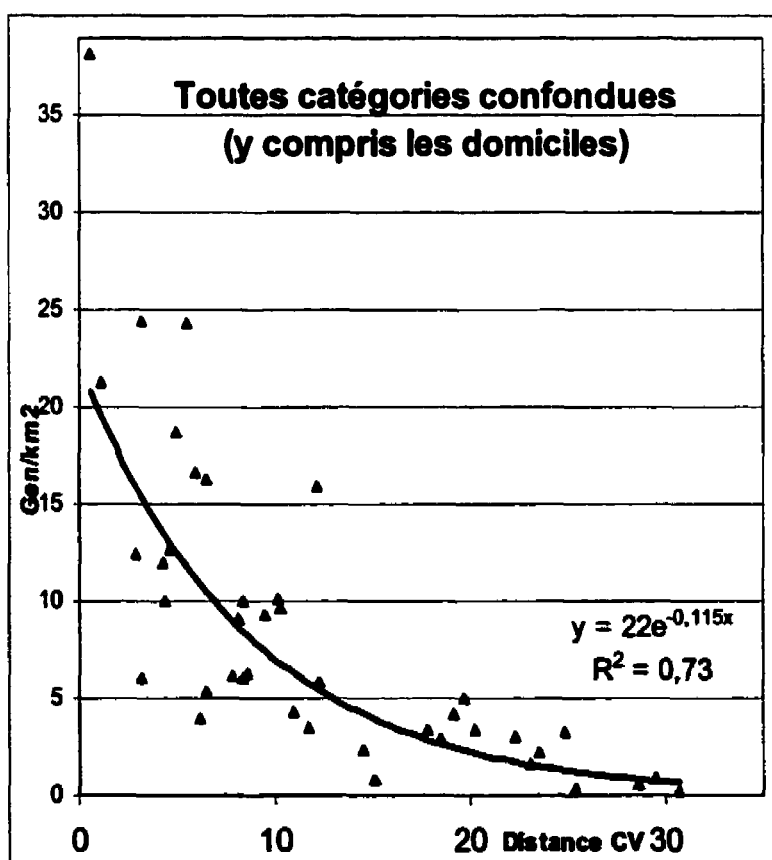


Figure 6.5 Concentration des générateurs de déplacement

À titre de comparaison, la figure 6.6 illustre ce même étalement pour deux catégories spécifiques aux personnes handicapées, les centres d'accueil et hôpitaux et les centres de jour et ateliers. Là encore, on retrouve une densification à l'approche du centre, mais plus marquée pour les ateliers, absents au-delà de 20 km du centre-ville. Ce n'est pas le cas pour le réseau des services de santé qui conserve une présence soutenue en tout point du territoire métropolitain.

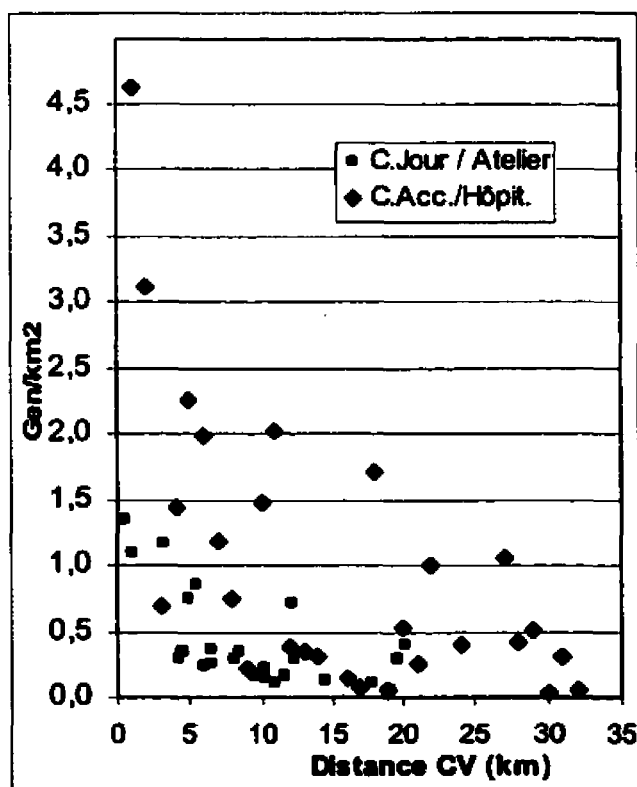


Figure 6.6 Densité des centres de santé et des centres de travail spécialisés

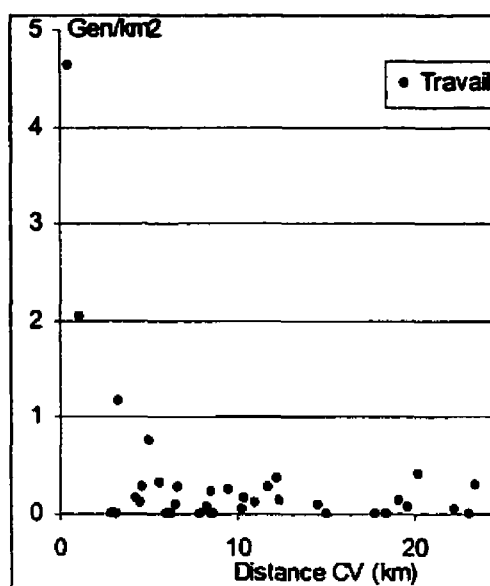


Figure 6.7 Densité des lieux de travail non spécialisés

Cette raréfaction des lieux de travail est tout aussi marquée pour les lieux de travail non spécialisés dans l'accueil de personnes handicapées. Ces derniers sont presque exclusivement situés dans un cercle de 5 à 10 km de rayon, mais avec cette différence majeure qu'il y a un pic de forte concentration en centre-ville. Pour les autres catégories, l'étalement est plus progressif, sans doute car elles rassemblent toutes des services de proximité, ce qui n'est pas le cas des lieux de travail conventionnels.

6.2.3. Fonctionnement d'un lieu

Chaque lieu a ses propres caractéristiques en terme de fonctionnement, mais c'est grâce à des caractéristiques communes qu'il a été possible d'en dériver le type. La figure suivante, interface tirée du module ayant permis la dérivation des

types de chaque arrêt, illustre le fonctionnement d'un centre d'accueil tel qu'il est possible de le percevoir via les données disponibles. On y voit plusieurs zones, relatives entre autre à la clientèle et aux jours et heures de fonctionnement.

Examen Individuel des Générateurs du Transport Adapté

Adresse critique
Municipalité
Région

7 usager(s)

C. Accueil / Hôpt.
C. Jour / Atelier
Domicile Strict
École / Univ
Grand Ensemble
Loisirs
Non Significatif
Panne / Pause
Résidence Mult.
Service
Transports

Type d'établissement
C. Accueil / Hôpt.
Handicap
Handicap répété

Figure 6.8 Identification et fonctionnement d'un centre d'accueil

Suite à ces constats sur le fonctionnement et l'organisation du territoire, nous allons examiner le comportement des gens qui ont recours à ces lieux.

6.3. Spectre comportemental des clients

Nous nous intéressons ici à la clientèle mobile, cependant quelques remarques préliminaires sur la clientèle totale, incluant les non-mobiles s'imposent. Tout d'abord, les données portent sur deux semaines, si bien que certaines

personnes qui utilisent le service ont pu, pour diverses raisons, échapper à l'enquête. Mais surtout, il est légitime de s'interroger sur la fréquence des mises à jour par l'OTA du fichier sur la clientèle. Les déménagements et les décès peuvent expliquer en grande partie que deux tiers des inscrits ne se sont pas déplacés au cours de la période. Pour preuve, l'examen de la pyramide des âges montre un écart important chez les personnes âgées entre mobiles et non mobiles. Certes ces personnes ont moins tendance à sortir de chez elles (cf. 6.3.1), mais les décès non recensés doivent aussi expliquer en partie cet écart.

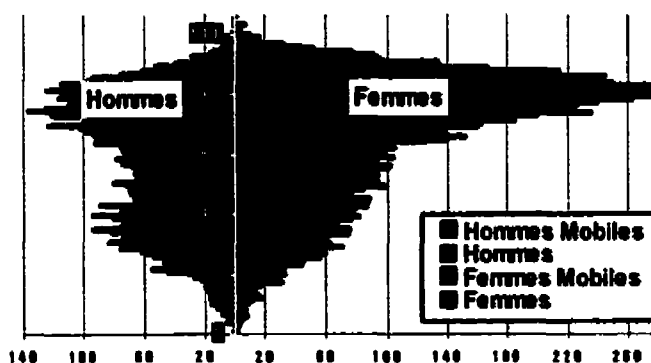


Figure 6.9 Superposition des Pyramides des âges de la clientèle totale et mobile

L'analyse détaillée de la demande nous apporte différents enseignements sur les usagers du transport adapté, spécialement relatifs à l'âge, au sexe et au handicap. L'introduction d'un statut pour les personnes, doublée d'une spécificité (sorte de statut secondaire), aura permis de catégoriser plus objectivement les usagers et d'alléger les analyses.

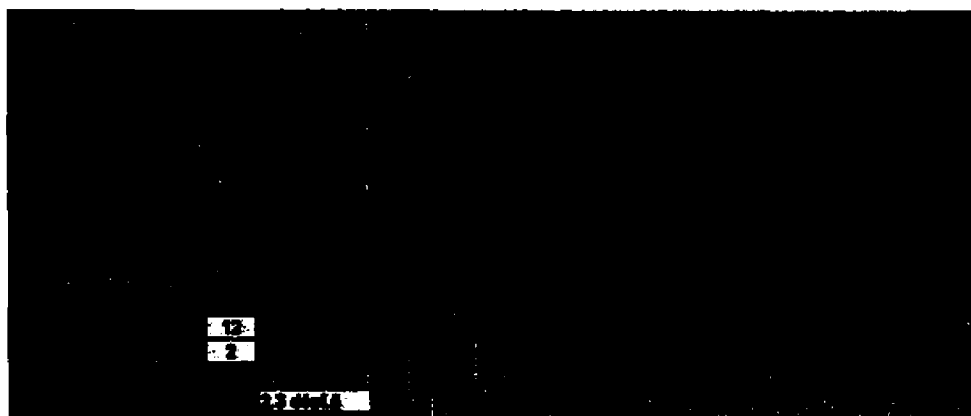


Figure 6.10 Visualisation des habitudes individuelles de mobilité

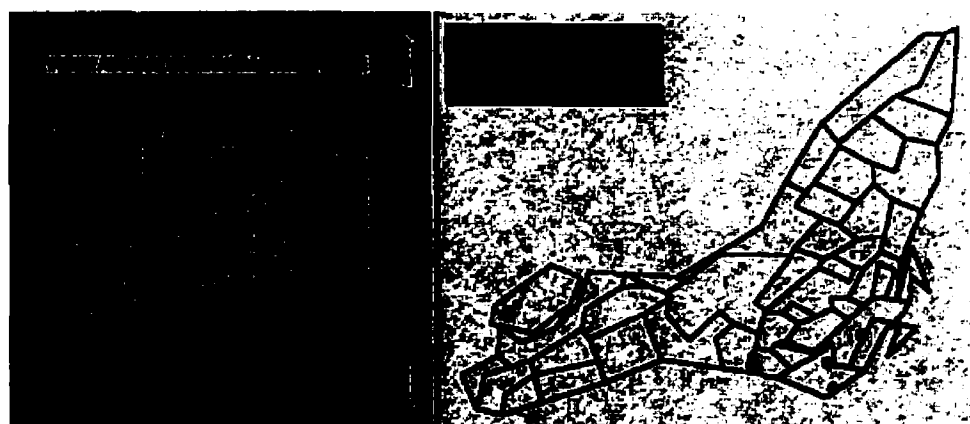


Figure 6.11 Analyse du comportement via les destinations

À partir des renseignements disponibles sur les lieux, les motifs de déplacement, la dérivation du statut des usagers a pu se faire avec une assez grande objectivité. En parallèle du module d'analyse individuelle du statut, il est possible de visualiser les caractéristiques liées à chaque personne (fig. 6.10, 6.11).

Tel qu'illustré, nos simulations ont permis d'effectuer un premier tri au sein des usagers mobiles, révélant, avec un coefficient de confiance assez bon, au moins

un quart de travailleurs et près d'un tiers de personnes fréquentant régulièrement des établissements du réseau de la santé.

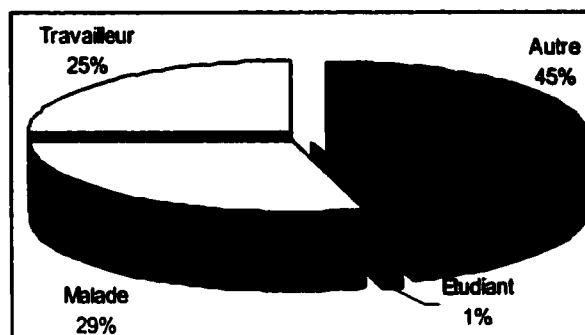


Figure 6.12 Répartition des quatre statuts

Le 45% de la catégorie Autre, chiffre assez élevé, confirme le découpage strict des catégories ayant entraîné un certain gonflement de la catégorie par défaut. Mais les statuts secondaires, moins restrictifs, permettront de faire un second tri dans ces 45%. Notons la faible part d'étudiants pour les usagers du transport adapté, sans doute due à la prise en charge par les parents et le transport scolaire conventionnel de leurs déplacements, mais peut-être aussi à la moindre propension de handicaps chez les plus jeunes.

6.3.1. Caractérisation via l'âge

La mobilité connaît d'importantes variations en fonction de l'âge. Quatre tranches d'âges marquent cette mobilité. Les moins de 20 ans sont peu nombreux et ont très peu recours au transport adapté. Après un saut, la tranche 25-35 ans utilise passablement le service avec une moyenne autour de 15/20

déplacements. Puis cette moyenne décroît de façon linéaire jusqu'à 60 ans (10 déplacements), âge autour duquel on observe un nouveau saut. Après 65 ans, le nombre de déplacements se stabilise autour de 5.

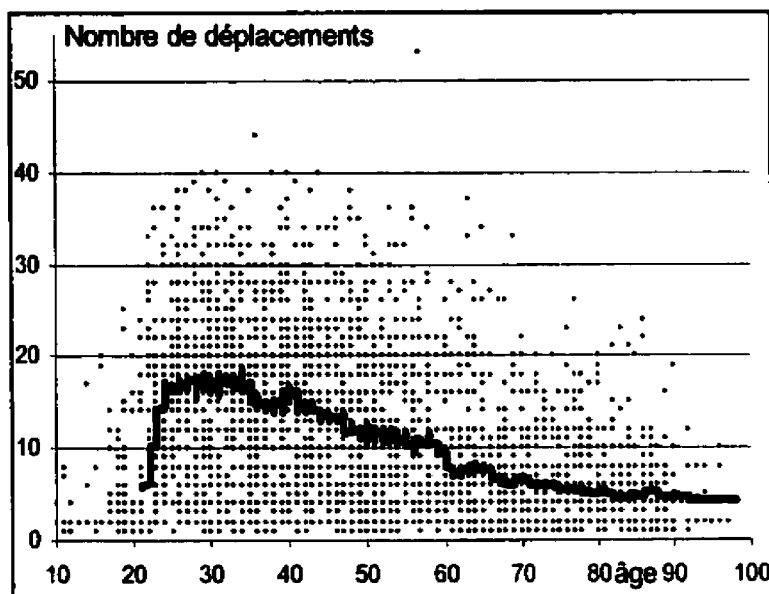


Figure 6.13 Nombre de déplacements sur 2 semaines en fonction de l'âge

Des quatre statuts et huit statuts secondaires retenus, il est possible de dégager une analyse croisée fonction de l'âge moyen. Celle-ci révèle diverses tendances, dont les plus intéressantes sont le jeune âge des travailleurs (autour de 30 ans), l'âge avancé des malades peu mobiles (60 ans) et des personnes classées « autre ». La catégorie la plus répandue est celle des travailleurs très mobiles, talonnée de près par les malades et les « autres », toutes deux se déplaçant peu ou essentiellement la fin de semaine.

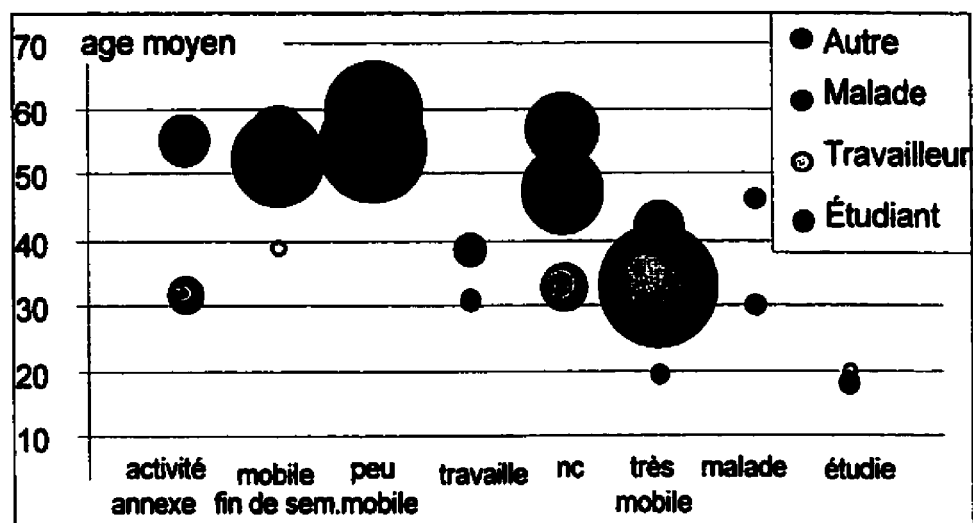


Figure 6.14 Les statuts par spécificité et par âge

Les travailleurs ne sont pas spécialement mobiles la fin de semaine ni pour des activités annexes telles les loisirs, sans doute à cause de leur activité principale qui occupe la majorité de leur temps.

La catégorie baptisée Malade est très répandue au sein de la clientèle étudiée, laissant penser qu'une majorité de déplacements assurés par le service de transport adapté est réservée à des raisons de santé.

Contre toute attente, le groupe Autre renferme des caractéristiques très spécifiques. Apparemment, il tend à se rapprocher du groupe Malade tant par l'âge que par les occupations secondaires et même le nombre.

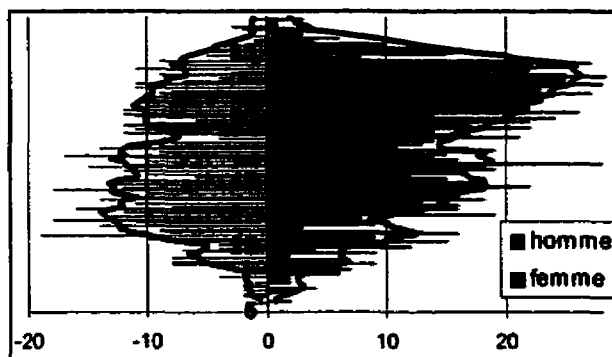


Figure 6.15 Pyramide des âges de la catégorie Autre

Parmi les explications plausibles de ces ressemblances, outre le hasard, nommons les erreurs possibles dans la dérivation du type d'établissement (certains lieux de santé ont pu être oubliés). L'existence cachée d'un cinquième statut au sein des usagers, qu'on aurait pu appeler *Retraité en santé*, biaise peut-être, par son absence, l'analyse de la catégorie *Autre*.

Le nombre d'étudiants est presque négligeable comparé aux autres catégories, mais notons qu'ils sont soit très mobiles soit ils occupent vraisemblablement un emploi en parallèle de leurs études. Rappelons que le statut secondaire «Travaille» n'entraîne pas nécessairement l'occupation d'un poste, mais, selon les apparences, l'occupation secondaire liée à la conclusion «Travaille» revêt certaines des caractéristiques d'un emploi.

Globalement, l'âge, couplé aux statuts, est un critère très significatif dans l'analyse comportementale des usagers (pour plus d'information, se reporter à l'annexe B).

6.3.2. Introduction du handicap dans l'analyse

À présent, l'introduction de la nature du handicap va tenter d'amener un éclairage supplémentaire dans l'espace multidimensionnel de la caractérisation de la clientèle et de la demande en transport. Les cinq catégories de handicaps, intellectuel, psychique, moteur, organique et visuel seront respectivement notées I, P, M, O et V. Un premier aperçu de la mobilité des usagers en fonction de leur handicap nous montre de franches différences d'une catégorie à une autre. Ainsi les handicapés intellectuels s'avèrent trois fois plus mobiles que les autres avec une moyenne de près de 20 déplacements par personne en deux semaines, suivis par les handicapés psychiques (11 dépl.), tous deux des handicaps mentaux.

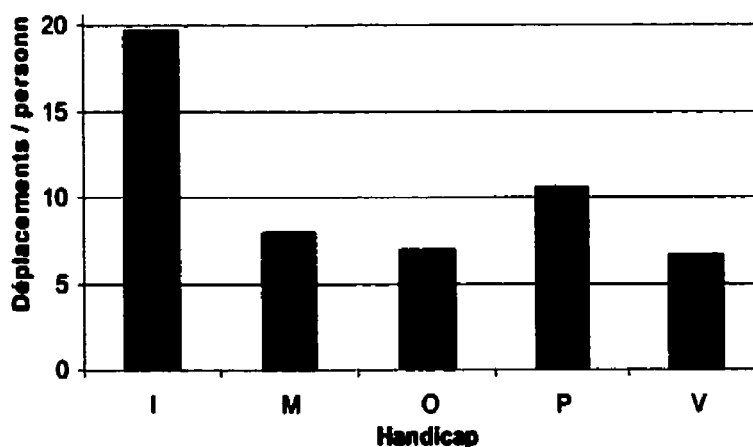


Figure 6.16 Nombre de déplacements sur 2 semaines pour les usagers mobiles

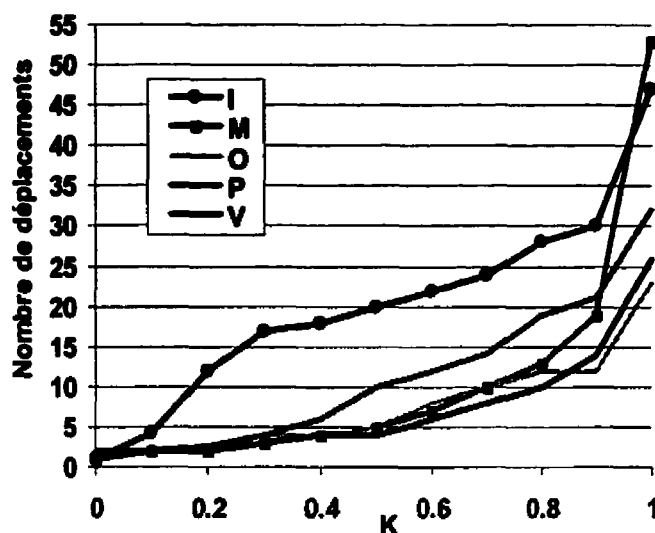


Figure 6.17 Distribution cumulée du nombre de déplacements par personne

Cet écart étrange dans les moyennes est confirmé par les distributions cumulées des déplacements par personne, puisque 75% des handicapés intellectuels les plus mobiles effectuent plus de 15 déplacements en deux semaines contre 2 ou 3 pour les autres ! Les catégories O, M et V ont une distribution très semblable, sauf pour les 10% plus mobiles d'entre les handicapés moteurs, recordmen toute catégorie de la mobilité (jusqu'à plus de 50 déplacements en deux semaines). L'analyse croisée qui suit donne quelques éléments de réponse à ces premières observations.

L'âge comparativement plus bas des handicapés intellectuels, et psychiques dans une moindre mesure, est un premier facteur explicatif de leur mobilité accrue, car la tranche 25-40 ans est deux à trois fois plus mobile que les autres.

Tableau 6.3 Composition de la clientèle : statut, âge, handicap

		Autre Travail		Autre Malade		Autre Malade		Autre Malade Travail		Autre Malade Travail				
Intel.	Nombre	2%	4%	4%	1%	5%	1%	3%	8%	50%	5%	2%	4%	1253
	Âge moy	55	35	28	29	35	42	39	43	37	36	48	36	37
Moteur	Nombre	4%	1%	15%	8%	21%	18%	1%	2%	8%	11%	8%	2%	2703
	Âge moy	60	41	59	62	61	64	43	51	39	55	61	39	57
Orga.	Nombre	6%		13%	8%	11%	31%		1%	2%	6%	16%	1%	85
	Âge moy	76		71	63	72	69		50	42	64	71	51	67
Psych.	Nombre	4%	2%	14%		8%	22%	4%	2%	16%	8%	12%	4%	49
	Âge moy	65	38	56		50	70	38	45	42	51	57	45	54
Visuel	Nombre	4%		21%	4%	17%	23%	2%	2%	2%	7%	15%		236
	Âge moy	62		67	72	67	72	41	62	42	59	72		67

Autres points distinguant les handicapés intellectuels, 60% d'entre eux ont un statut de travailleur, 22% pour les handicapés psychiques, contre 2 à 10% pour les trois autres groupes. Enfin, la catégorie «malade peu mobile», avec 20 à 30% des usagers, est très bien représentée sauf par les handicapés intellectuels, littéralement absents.

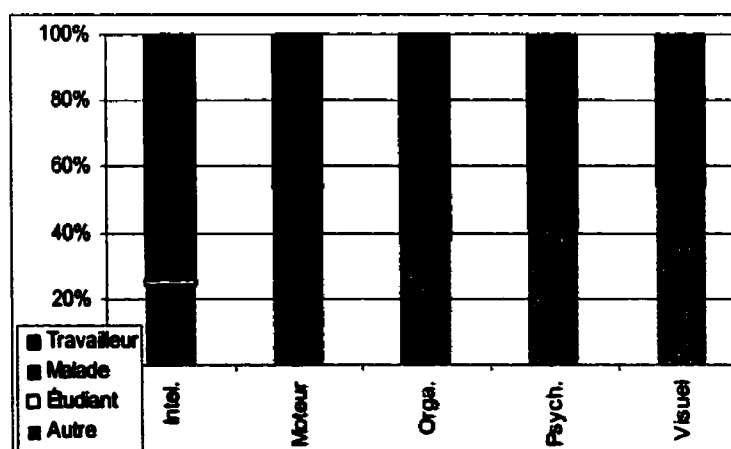


Figure 6.18 Répartition des statuts par handicap

Handicapés organiques et visuels sont en tout point semblables, tant pour leur distribution dans chacune des douze catégories exposées au tableau 6.3 que

pour les moyennes d'âge de ces catégories. Les usagers des deux groupes ont un âge avancé, ont le statut malade à 50%, et les travailleurs y sont inexistantes. En conclusion, il semble légitime d'avancer que les handicapés organiques et visuels adhèrent au transport adapté plus pour des raisons de vieillesse, de dégradation de santé, de perte d'autonomie qu'à cause de leur seul handicap. Précisons enfin qu'ils ne représentent qu'une part minime dans les déplacements assurés par l'OTA, ne constituant qu'à peine 8% de la clientèle mobile et étant globalement peu mobiles.

L'analyse de la mobilité des handicapés moteurs revêt un plus grand intérêt car ils sont très nombreux (60% de la clientèle mobile) et un tiers d'entre eux sont contraints d'utiliser uniquement les minibus. Là encore, les plus âgés sont peu mobiles et ont souvent un statut de malade. La part des travailleurs, de 10%, rassemble des personnes très mobiles, âgées de 40 ans en moyenne. Enfin les personnes classées autre (plus de 50% du groupe) sont globalement peu mobiles et assez âgées, même si certaines se déplacent la fin de semaine. En somme, les handicapés moteurs, groupe majoritaire, restent peu mobiles et seulement 10 à 15% travaillent et/ou utilisent plus fréquemment le transport adapté.

En plus d'asseoir les conclusions tirées à partir de l'analyse par âge, l'analyse par type de handicap a permis de révéler un fossé entre les handicapés mentaux et les autres. Plus mobiles, plus jeunes, ils semblent contraints de

recourir au transport adapté assez tôt dans leur vie, mais leur handicap ne semble pas gêner leur mobilité outre mesure. À l'inverse, les autres handicapés, plus vieux, moins mobiles et moins actifs, sont soit affectés par leur handicap plus tard dans leur vie –vision, motricité...-, soit trouvent des compromis durant leur vie active, retardant ainsi leur adhésion au transport adapté.

6.3.3. Autre critère : le sexe

Au sein de la société, les différences Homme-Femme sont très marquées sur le plan de la mobilité : choix modal, motifs de déplacement, statut [...] comportent des divergences d'un sexe à l'autre. Fort des résultats déjà obtenus, nous allons examiner ce qu'il en est pour notre échantillon.

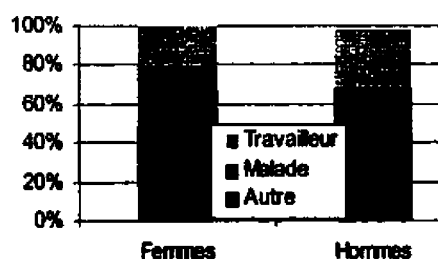


Figure 6.19 Répartition des statuts par sexe

Un premier élément différenciant hommes et femmes est le nombre plus élevé de femmes, surtout chez les plus de 65 ans. Ce surplus d'inscriptions favorise, chez les femmes, les caractéristiques propres aux personnes âgées.

Tableau 6.4 Composition de la clientèle : statut, âge, sexe

	bouge le WE		peu mobile		très mobile		vide		
SEXE	Autre	Malade	Autre	Malade	Malade	Travailleur	Malade	Travailleur	Total
Femmes	14%	4%	18%	15%	3%	17%	7%	2%	2537
âge:	60	65	62	66	49	38	63	39	55
Hommes	10%	4%	13%	11%	5%	25%	7%	3%	1759
âge:	51	53	52	61	44	38	60	36	48

Tous statuts confondus et en tenant compte de la remarque formulée ci-dessus, les femmes sont légèrement moins mobiles que les hommes. Toutefois, l'analyse des moins de 60 ans, pour qui la distribution des âges et le nombre de personnes sont sensiblement les mêmes pour les deux sexes, ne révèle aucune franche différence entre les deux sexes.

6.3.4. Motifs de déplacement

Outre les caractéristiques socio-démographiques, les motifs de déplacements constituent un éclairage supplémentaire dans l'analyse comportementale des usagers.

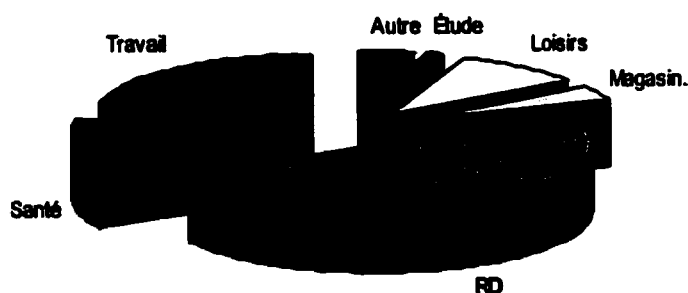


Figure 6.20 Répartition des motifs de déplacement

Tout près de la moitié des déplacements observés ont été des retours au domicile (RD). Les chaînes de déplacements complexes sont donc rares, et la captivité des usagers vis-à-vis du transport adapté est confirmée. Le reste des déplacements se compose pour moitié de motifs travail, pour un quart de motifs santé et pour un cinquième de motifs loisirs. Les motifs étude, magasinage et autre sont assez rare.

Si l'on fait le parallèle avec la distribution des statuts des usagers, où 25% étaient des travailleurs, on s'aperçoit de leur mobilité comparativement plus élevée. Inversement, les nombreux malades (29% des usagers) n'engendrent pas beaucoup de déplacements santé (12%), confirmant leur faible mobilité.

Tableau 6.5 Répartition des motifs de déplacement par mode

	Motif:	Autre	Étude	Loisirs	Magasin.	RD	Santé	Travail	Total
<i>BUS</i>	nombre:	3%	1%	9%	4%	48%	10%	24%	18589
	% fin de semaine	0%	0%	41%	6%	11%	11%	1%	11%
<i>TAXI</i>	nombre:	5%	2%	11%	4%	46%	13%	20%	28393
	% fin de semaine	0%	0%	33%	7%	9%	8%	1%	9%

La fin de semaine est surtout consacrée aux loisirs. Les bus sont alors plus souvent sollicités que les taxis, car l'achalandage est moindre donc l'allocation de ressources plus simple.

Enfin, les nombreux déplacements au motif travail et les non moins nombreux retours au domicile sont, de par leur récursivité, un atout pour la prévision de la demande.

6.4. Analyse de l'offre

La nature du handicap, l'excentricité du lieu de prise en charge, l'heure et le jour influent sur l'affectation modale des déplacements faite par les répartiteurs. L'apparent choix modal n'est pas un luxe offert aux usagers mais bien une alternative facilitant la gestion de la demande. Quelques observations permettront de dégager des paramètres significatifs expliquant le choix d'un des deux modes effectué par les répartiteurs.

6.4.1. Prerogatives de chaque mode

Sur le plan quantitatif, 60% des déplacements effectués, 60% de la distance parcourue, en passagers-kilomètres, et 55% du temps passé en véhicule, en passagers-heures, l'ont été en taxi. Il y a donc une domination de ce mode individuel de transport alors que les bus ont une capacité permettant d'assurer simultanément plusieurs déplacements.

Temporalité

Les taxis assurent l'absorption des pics de demande en heure de pointe avec un rendement maximal proche de 100 embarquements en 5 minutes. Ces pointes créent l'écart dans l'utilisation des deux modes.

Fait saillant, le mode bus accuse un franc retard en pointe du midi où il embarque 5 fois moins de personnes que les taxis, avec un taux très bas de 5 embarquements alors que son optimum se situe autour de 40 par 5 minutes.

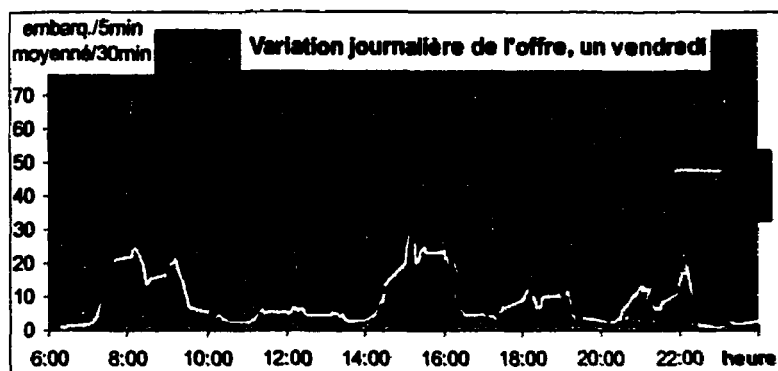


Figure 6.21 Utilisation du taxi et bus en fonction de l'heure, en semaine

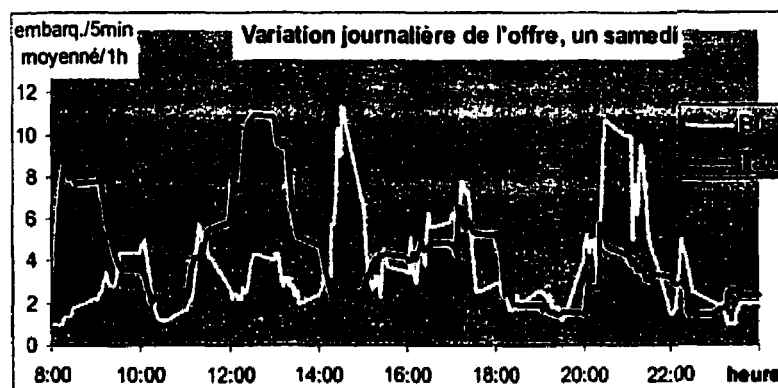


Figure 6.22 Utilisation du taxi et bus en fonction de l'heure, le samedi

Comme tenu du faible niveau de demande en fin de semaine, on aurait pu s'attendre à un monopole du bus et une économie dans l'utilisation des taxis, or il semble que les deux modes soient sollicités de manière assez semblable et complémentaire.

Analyse spatiale

La faible utilisation des bus lors de la pointe du midi et des fins de semaine peut s'expliquer par la distribution spatiale des demandes des usagers qui sollicitent le transport adapté durant ces périodes.

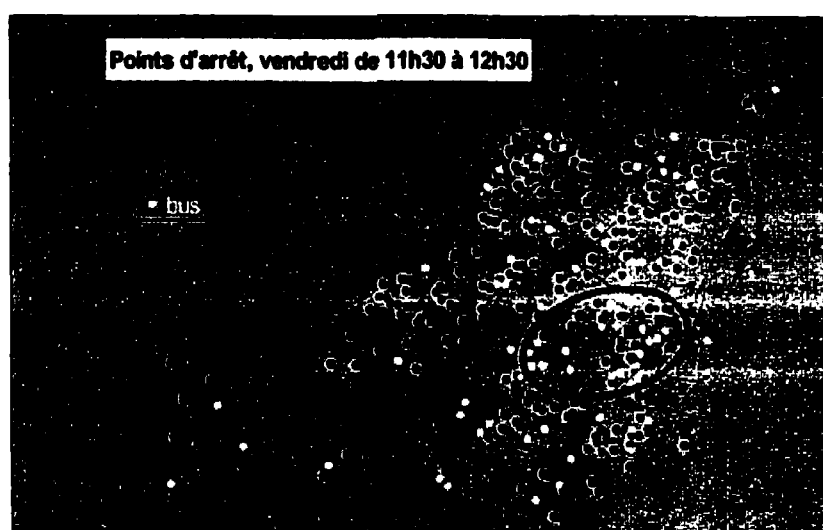


Figure 6.23 Concentration des arrêts de bus en centre-ville le midi

La majorité des prises en charge par les bus en pointe du midi semble être localisée en centre-ville, quand les taxis œuvrent en tout point du territoire. Mais il y a sans doute d'autres raisons pour expliquer ce creux du midi, par exemple la prise de pauses par les chauffeurs de bus, information inaccessible via nos données.

Sur deux semaines, on observe une distribution différente par région pour les deux modes. Le nombre d'arrêts des taxis domine celui des bus dans les six régions, mais plus près du centre-ville, l'écart s'amenuise.

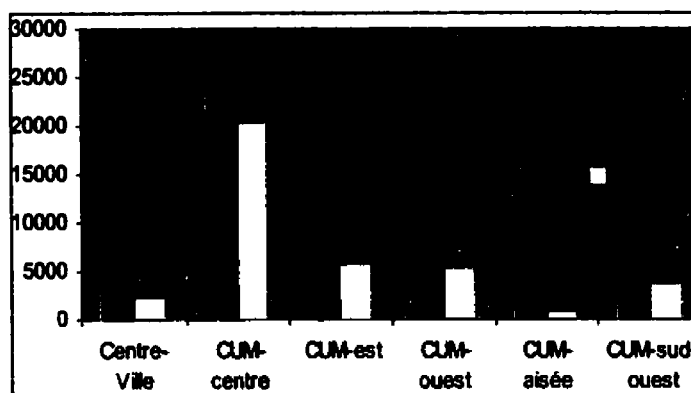


Figure 6.24 Distribution des arrêts bus et taxi par région

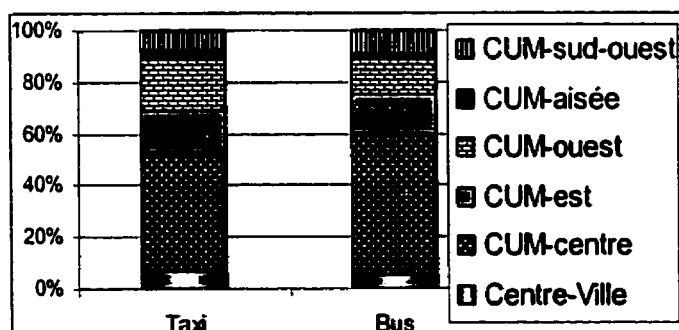


Figure 6.25 Parts des arrêts par région

N.B. : les régions CUM-Ouest et CUM-Est sont les deux plus excentrées.

Ce constat prévisible tient à la dispersion des points d'arrêts en périphérie du centre-ville, rendant la construction de tournées très difficile.

Seuls les résidents de la CUM-aisée, proche du centre, viennent contredire cet énoncé, mais cette région n'englobe qu'une infime partie des arrêts (environ 3%). La faible occurrence des demandes dans cette partie du territoire explique que les taxis y supplantent les bus. Cette faible fréquence tient au faible nombre

d'usagers qui y résident et à leur âge moyen de 20 ans plus élevé que dans les autres régions, facteur important jouant sur la mobilité.

Tableau 6.6 Âge moyen et nombre de résidants par région

Région:	C-V	Centre	Aisée	S-O	Est	Ouest
Âge moyen:	54	53	70	51	49	48
Résidants:	208	2061	179	301	835	674

Utilisateurs

Certains handicaps empêchent des personnes de prendre le taxi. Cette information est contenue dans le code EAFT (escorte, ambulant, fauteuil, taxi), disponible pour chaque usager. Une mobilité élevée des personnes concernées contraindrait fréquemment les bus à des détours, occasionnant alors une baisse de leur productivité.

Tableau 6.7 Mobilité fonction de la possibilité de prendre le taxi

TAXI?	activités annexes	bouge le WE	peu mobile	très mobile	vide	Total
non	31	249	370	170	194	1014
oui	185	472	957	1067	639	3320

Selon nos simulations, il s'avère que ces personnes sont peu mobiles à 35%. Les personnes très mobiles peuvent prendre le taxi à plus de 85%. Ainsi la capacité d'une personne à prendre le taxi est-elle un indicateur supplémentaire de la mobilité individuelle, et n'entrave pas souvent la liberté de choix du mode par les répartiteurs.

6.4.2. Indicateurs de performance des bus

Quelques informations sur la qualité de l'exploitation des bus peuvent être calculées et dévoilées à partir des données disponibles sur l'ensemble des déplacements recensés et pour chaque tournée : passagers-kilomètres, utilisation de la flotte de bus...

Taux d'occupation des bus

En moyenne, chaque jour, le taux d'occupation des bus s'élève à 21%. Pour une tournée, ce taux est égal au quotient entre les passagers-kilomètres et le produit de la capacité du véhicule par la distance totale parcourue. On observe un meilleur rendement pour les tournées plus brèves, surtout celles d'appoint œuvrant lors des pointes du matin et de l'après-midi, avec un taux moyen d'occupation autour de 30 à 35%.

Des analyses par tournée montrent un meilleur taux pour les tournées plus courtes, qui ont lieu essentiellement en heure de pointe. Les profils de charge de ces tournées montre un comportement de type « ramassage scolaire », avec une phase d'embarquements progressifs suivie de débarquements moins sporadiques, en des lieux d'activité importants. Les tournées les plus longues ont plus un comportement de type taxi.

Compte tenu de la capacité assez basse des bus, entre 9 et 16 passagers, ces taux demeurent cependant assez médiocres, avec une moyenne de deux à trois

passagers présents par tournée. Deux raisons permettent d'expliquer cela. D'abord, il s'agit d'un système de transport personnalisé et non d'un système de transport en commun classique avec une ligne et des horaires prédéfinis. Donc la dispersion et l'irrégularité des demandes, couplées à de nombreuses annulations, rendent l'exploitation des véhicules assez volatile. Ensuite, la gestion manuelle de ce système entraîne inévitablement des pertes d'efficacité. Ce faible taux d'occupation explique en outre la part importante de transports alloués aux taxis.

Utilisation de la flotte de bus

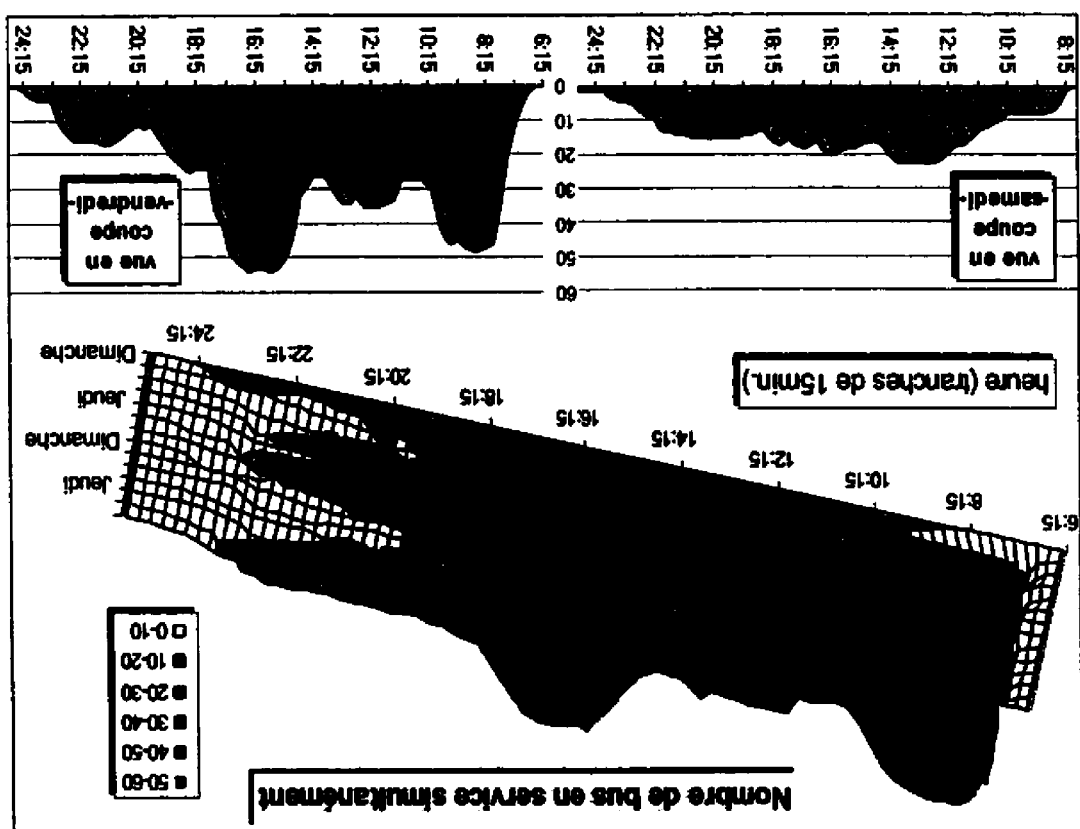
La soixantaine de bus que possède la compagnie n'est pas entièrement utilisée au cours d'une journée. Ces variations mettent une fois de plus en évidence les heures de pointe et le faible achalandage de la fin de semaine.

Étonnamment, ces heures de pointe n'entraînent pas toujours la pleine utilisation simultanée de la flotte de bus. L'entretien de véhicules ou un manque ponctuel de personnel en sont peut-être la cause.

Une utilisation plus uniforme de la flotte permettrait sans doute de diminuer les recours aux taxis, particulièrement en dehors des heures de pointe. Dans ces périodes creuses, moins de 50% de la flotte est active, laissant transparaître un gaspillage évident des ressources et un recours abusif aux taxis.

Certes, plusieurs déplacements ne peuvent être assurés par les bus, pour les raisons énumérées et discutées à la partie 6.4.1. Mais pour les zones situées au centre de l'agglomération, il semble évident que les bus devraient être aussi performants sinon plus utilisés que les taxis, au moins en période creuse. Des questions de coût d'opération des véhicules sont vraisemblablement à l'origine de ce point surprenant. Mais de simples analyses ont montré un manque évident d'optimisation dans l'allocation des ressources, véritable enjeu pour des économies substantielles et une amélioration significative du service.

Figure 6.26 Mobilisation de la flotte de bus sur les deux semaines



6.5. Conclusion du chapitre

L'approche totalement désagrégée et sa modélisation orientée-objet nous ont permis d'appréhender la mobilité des usagers, l'exploitation du système et l'utilisation du sol sous de multiples perspectives. Tous les éléments constitutifs du système de transport jouent un rôle prépondérant dans son fonctionnement. Nos analyses ont permis la mise à jour de plusieurs relations et interactions entre certains de ces éléments comme l'âge, le handicap, l'heure, la position géographique, et le comportement de plusieurs objets, tels les générateurs de déplacement, les usagers ou les tournées de véhicules.

Nos analyses ont aussi montré que ce système de petite taille possède un fonctionnement assez basique en terme de mobilité des personnes et d'utilisation du sol. Néanmoins, l'exploitation de la flotte de minibus qui s'y rattache semble assez mal organisée, et un recours abusif au mode taxi a pu être identifié. Les raisons de ces carences sont-elles économiques ou le fruit d'un problème plus latent, traduction au niveau opérationnel des difficultés décrites au chapitre 2, difficile pour nous d'y répondre. Mais chose certaine, le service à la clientèle et l'exploitation des minibus gagnerait en qualité par l'ajout d'un système d'aide à la décision, à la prévision, à la gestion de la demande et de l'offre de transport adapté.

En outre, l'ensemble de ces résultats a pu être mis à jour par l'examen de données toutes accessibles en temps réel. Autrement dit, les données qui nous

ont été fournies peuvent tout aussi bien être collectées en continu par la compagnie de transport, si seulement celle-ci se munit de quelques instruments modernes d'acquisition de données. Le chapitre 7 qui va suivre porte justement sur la description de ces instruments assurant une acquisition rapide des données. L'ensemble des analyses effectuées, la gestion du système de transport, comprenant prévision de la demande, affectation des déplacements, allocation des ressources, pourraient être assurés en temps réel grâce à la gestion de ces données par un système informatique intégrant les concepts et modèles décrits puis utilisés précédemment.

CHAPITRE 7

NOUVELLES ORIENTATIONS AVEC LES SYSTÈMES D'INFORMATION

Avec les technologies actuelles, les données qui nous étaient disponibles tant sur l'offre, la demande, le territoire, le temps, peuvent être acquises en temps réel, rendant les analyses que nous avons faites plus systématiques et plus fraîches. Une interface de saisie des demandes en temps réel couplé à des bases de données relatives au service de transport (véhicules, tournées, adresses, historique des déplacements par usagers...) faciliterait les analyses, la prévision de la demande, la saisie et la confirmation des réservations, l'allocation des ressources et la création de tournées.

Les descriptions qui suivent montrent comment chaque composante technologique peut contribuer à de meilleures acquisitions, visualisations et prévisions, dans un seul but : faciliter et améliorer la gestion du service de transport adapté.

7.1. Contexte technologique

La production technologique est incessante et toujours plus variée et complexe, surtout dans des disciplines comme l'électronique, l'informatique, les télécommunications, la mécanique. Les outils qui voient le jour sont bien souvent transposables au milieu des transports.

Déjà, plusieurs de ces nouveautés y ont été intégrées. L'ensemble de ces technologies associées au transport, en gestion de la circulation, en opérations du transport collectif, en gestion de flotte de véhicules, en conception de véhicules intelligents et d'autres, constitue un large panel d'applications regroupées sous le sigle STI, systèmes de transport intelligents.

Selon l'USDOT, Département de Transports des États-Unis, les STI sont caractérisés par l'intégration de technologies actuelles et émergentes associées à l'informatique, aux communications et à l'électronique, et appliquées aux problèmes touchant le transport de surface.

7.1.1. Les systèmes d'information géographiques

Ces dernières années, les systèmes d'information géographiques (SIG) ont démontré toute leur puissance en terme de stockage de données, et surtout d'affichage et d'analyse des informations à référence spatiale. L'analyse spatiale est particulièrement efficace puisque, par le biais de questions adressées à la base données, le système renvoie rapidement la réponse. Ces questions sont de plusieurs types [THÉRIAULT, 1997] : localisation, condition, tendance, cheminement, motif, modélisation.

En transport, les SIG-TOO, systèmes d'informations géographiques en transport et orientés-objets, introduisent de nouvelles opportunités dans l'utilisation de concepts et d'applications modernes tels que la modélisation orientée-objet,

l'approche totalement désagrégée ou le développement d'outils en micro-informatique [TRÉPANIÉ et CHAPLEAU, 1997].

D'autres perspectives toujours très intéressantes sont à venir avec les SIG temporels. Certains travaux [ZHAO et al. , 1997] portent sur le développement des plates-formes SIG encore statiques et n'intégrant pas la dimension temporelle.

Zhao (1997) donne la définition suivante pour les SIG temporels (traduction libre). Les fonctions fondamentales d'un SIG temporel sont l'inventaire, l'analyse, les mises à jour, le contrôle de la qualité, la planification et l'affichage.

- **Inventaire** : stockage de la description complète de l'aire étudiée, incluant les changements dans la réalité physique et dans les bases de données.
- **Analyse** : implique la recherche des changements des éléments spatiaux dans le temps et des causes ou effets de tels changements.
- **Mise à jour** : assure que la base de données est fidèle à la réalité actuelle.
- **Contrôle de la qualité** : minimise les erreurs en vérifiant la validité et la cohérence des nouvelles données sur la base d'informations historiques.
- **Planification** : permet de lancer des tâches prédéfinies lors d'un événement tel un changement dans les données ou l'atteinte d'un horaire.

- **Affichage** : implique la génération et la présentation des changements dans le temps, aussi bien de nature qualitative que quantitative.

L'introduction du temps dans un SIG peut être vue comme une séquence d'états ponctuée par des événements qui transforment un état en son suivant. Pour être opérationnel, un SIG temporel doit être capable d'enregistrer des changements dans le temps aussi bien pour les objets du système que pour leurs attributs.

La dynamique du SIG rend alors possible la visualisation sur écran de l'évolution de toute une flotte de minibus. Reporté sur la carte d'une agglomération, ces minibus sont suivis en « temps réel » par des rafraîchissements d'écran de l'ordre d'une ou deux minutes par exemple [LESSARD, 2000]. L'acquisition des données sur les déplacements des véhicules surveillés peut très bien se faire à l'aide de récepteurs GPS (voir ci-après). Il devient alors possible de localiser puis visualiser les bus sur leur ligne, de connaître le respect des horaires et les retards ou avances sur horaire...

À eux seuls, les SIG constituent de formidables outils d'aide à la décision. Les répartiteurs peuvent synthétiser et résumer en un coup d'œil toute la situation de leur système de transport à l'échelle urbaine. En effet, il leur est possible de voir quelles requêtes restent insatisfaites ou en voie d'être servies et d'ajouter à cet environnement toute nouvelle demande.

Grâce à des codes de couleurs, chacun des objets qui constituent le système de transport s'intègre à l'environnement informatique et cartographique. Il est alors plus simple de trouver quel véhicule pourra satisfaire telle ou telle demande, à la vue de sa position, de ses places libres, de son avance éventuelle sur les horaires critiques...

7.1.2. Les systèmes de localisation et de positionnement

Le GPS, système de positionnement global, est désormais assez répandu et facilement accessible. Grâce à une constellation de satellites, il permet d'obtenir les coordonnées géographiques de l'endroit où l'on se trouve en tout point du globe terrestre et ce pour les trois dimensions.

L'acquisition se fait de façon quasiment instantanée et avec une très bonne précision. Pour ce faire, un simple récepteur GPS de la taille d'un téléphone portable suffit. La précision est de l'ordre du mètre à la dizaine de mètres selon la qualité des conditions environnantes. La méthode est basée sur le principe de trilatération. Les satellites envoient de manière continue et périodique des signaux électromagnétiques codés en langage binaire, ce qui permet au récepteur de connaître la distance qui le sépare d'eux. En captant les signaux d'au moins trois satellites, le récepteur peut connaître sa propre position. En fait, il faut fixer quatre satellites car la dynamique du processus (les satellites bougent) empêche de connaître le moment où les envois des signaux reçus ont été effectués. Le quatrième permet donc de synchroniser le processus, grâce à

une horloge interne placée à son bord. Toutefois, pour des positionnements en deux dimensions (XY ou latitude/longitude) où l'altitude ne joue pas un rôle essentiel, seulement trois satellites sont nécessaires.

Suite à ces éclaircissements, il est plus aisé de comprendre ce qui peut nuire à la précision. Tout obstacle à la transmission de signaux électromagnétiques dégrade le résultat. L'ionosphère en courbant le signal, les masques urbains en limitant l'accès aux satellites et les réflexions multiples faussent les résultats.

Pour s'affranchir d'une partie de ces interférences, une autre technique toujours basée sur le GPS a été développée. Elle est largement utilisée et permet d'obtenir systématiquement de très bonnes positions relatives. Cette technique, appelée GPS différentiel ou D-GPS, consiste à utiliser deux récepteurs, distants de quelques kilomètres seulement afin de bénéficier des mêmes satellites.

Le premier récepteur, statique, constitue la référence et le second, mobile, est la cible dont on souhaite connaître la position. Avec cette technique de différences finies, on accède à une précision inférieure à 10 mètres, car on s'est affranchi de toutes les sources d'erreurs liées aux bruits sur les signaux des satellites : non seulement ceux liés à l'atmosphère sont éliminés, mais aussi ceux liés aux satellites eux-mêmes. En effet, l'horloge des satellites peut dériver légèrement ou le satellite peut s'écarter sensiblement de son orbite, mais par soustraction, ces erreurs disparaissent.

Ainsi la connaissance de la position d'un véhicule en milieu urbain ne doit plus être une inconnue pour les répartiteurs dont la flotte de véhicules est équipée avec de tels récepteurs. Les seuls obstacles qui demeurent difficiles à contourner, sont les immeubles qui causent des réflexions multiples et créent des masques.

Comme il a été mentionné ci-dessus, en combinant ce système d'acquisition de la position avec un SIG, il est possible de suivre sur écran d'ordinateur l'évolution de la flotte de minibus en temps réel et avec une précision suffisamment fine pour ne pas avoir de situation aberrante (un minibus apparaissant sur une autre artère que celle où il roule effectivement, etc.). Ce sont là les deux composantes technologiques de base pour la constitution d'un système d'aide à l'exploitation (SAE) performant.

Toujours grâce à la localisation des véhicules, le GPS constitue un formidable médium dans l'information aux usagers [Lin et al., 1999] puisqu'il est possible d'estimer, avec une certaine qualité, l'heure d'arrivée d'un véhicule à un point de prise en charge d'un client. Ainsi, il est possible d'avertir à distance l'utilisateur en attente de l'arrivée imminente d'un minibus ou d'un taxi pour son déplacement.

Cette utilisation permettrait à l'utilisateur de se préparer à embarquer, sans être obligé d'attendre à l'extérieur pendant de longues minutes. De plus, cela augmenterait la productivité des minibus et réduirait certaines pertes de temps désagréables qui arrivent lorsque l'utilisateur n'est pas prêt ou que le véhicule est

en avance. Ces désagréments ont aussi pour effet de retarder l'ensemble des usagers embarqués.

Enfin, en cas de retard d'un véhicule (on parle de plus de 30 minutes), l'utilisateur serait mis au courant et pourrait vaquer à d'autres occupations en attendant de plus amples informations ou envisager un autre moyen de locomotion si son déplacement est urgent.

7.1.3. Les cartes à puces

Les cartes à puces sont désormais devenues indispensables et fortement utilisées par les établissements bancaires. Avec le développement incroyable des STI, elles font progressivement leur entrée dans le monde du transport en commun.

La technologie a conduit à la création de cartes hybrides, ce qui signifie qu'elles possèdent deux puces. L'une, classique, est activée lorsque la carte est introduite dans un lecteur. Cette puce est très utile pour charger le compte, effectuer des appels téléphoniques ou comme moyen de paiement. L'autre est reliée à une antenne incrustée dans la carte. Elle est activée lorsqu'elle se trouve en périphérie d'un récepteur/lecteur. Ils entrent alors en communication sans contact. Ces cartes-là intéressent les opérateurs de transport en commun.

La carte s'active au voisinage du lecteur qui émet un champ radio d'environ 8 à 10 cm de diamètre et alimente ainsi électriquement la carte qui est passive. Au

contact du champ radio, la carte devient active par induction et entre en communication avec le lecteur ; les échanges de données sont alors effectifs [MEYSSONNIER, 2000].

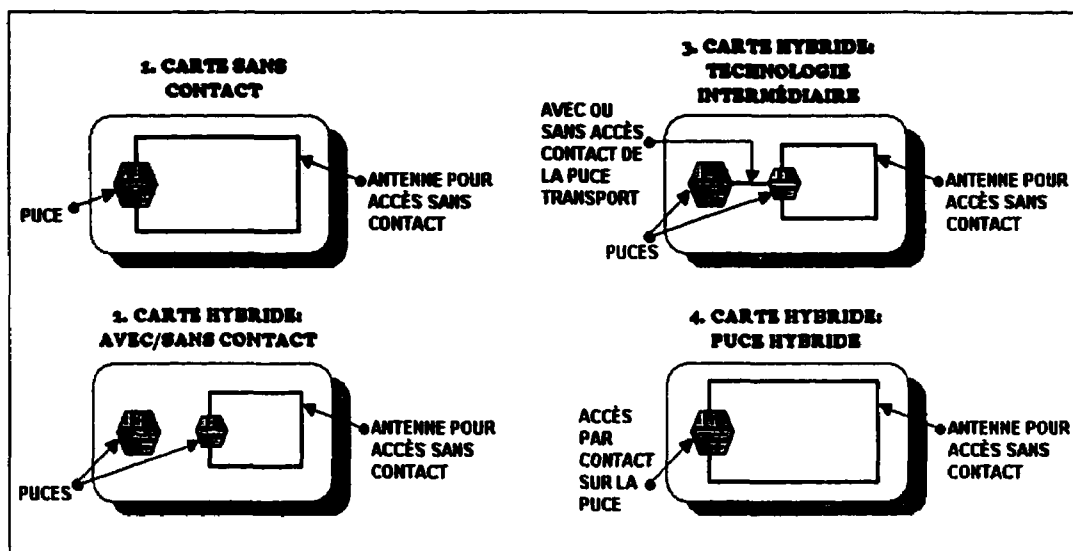


Figure 7.1 Évolution technologique des cartes à puces

À court terme, les perspectives qu'offrent ces cartes dans le domaine des transports collectifs ne sont pour l'instant pas très variées : essentiellement, il s'agit d'un moyen de paiement de titres de transport extrêmement rapide (quasiment instantané), d'un suivi plus précis des déplacements (simplification des enquêtes O-D)...

Nous pouvons très bien envisager de telles utilisations dans le cadre du transport adapté. Ces petites cartes intelligentes sont de la taille d'une carte mensuelle de transport. Elles ne compliquent donc en rien la situation existante.

Ainsi chaque usager serait muni d'une carte à puce lors de ses déplacements, ce qui pourrait permettre :

- à l'usager, de payer ou valider son titre de transport sans s'occuper de sortir sa carte ou son ticket. Il en découle une plus grande facilité et rapidité pour monter dans le minibus. L'usager n'a pas à avoir l'appoint pour entrer, son compte est débité automatiquement du coût du transport [HUNTER-ZAWORSKI et al. 1999]. Ce procédé aide les personnes souffrant d'un handicap physique, en réduisant les gestes nécessaires pour monter à bord. Mais il permet aussi à celles souffrant d'un handicap intellectuel de ne pas se soucier du paiement, qui est rendu automatique.
- au répartiteur, de savoir quand tel client monte à bord et quand il débarque. Il connaîtra donc le nombre de personnes à bord et les requêtes satisfaites. Cela s'effectuera en temps réel grâce à un lecteur embarqué à bord du véhicule et en communication avec un terminal situé au centre de répartition.

Car outre les considérations sur les montants d'argent, les cartes peuvent stocker sur la puce d'autres informations. Il est possible, par exemple, d'y placer des renseignements sur la présence d'une escorte avec l'usager ou, plus intéressant, le code EAFT et le numéro Client ainsi que d'autres informations personnelles relatives à son détenteur. L'exploitant sait alors avec précision qui se trouve à bord.

7.1.4. La planification interactive

Rechercher une solution manuellement et rapidement lors d'une réservation relève du défi. La fatigue et le stress augmentent la lenteur et le nombre d'erreurs, ce qui se traduit par une insatisfaction de la clientèle. Automatiser certaines tâches de la planification aide le préposé et améliore ainsi la qualité du service, en accélérant le processus de décision et en retournant des solutions réalisables.

« Il existe dans le domaine des transports une panoplie d'instruments visant, par le biais d'algorithmes mathématiques, à optimiser le fonctionnement des systèmes de transport en diminuant les coûts (temps de parcours, combinaisons efficaces de services, etc.). En pratique, les solutions "à l'aveugle" sont peu adaptées aux opérations courantes.

La planification interactive vise plutôt à intégrer le savoir-faire des gens du milieu dans un système qui leur permet de modifier interactivement les composantes calculées. Le répartiteur s'appuie sur un calculateur interactif et sur des bases de données géographiques pour préciser l'information qui s'avère inexacte. »¹¹

¹¹ TRÉPANIÉ, M., sur internet à l'adresse www.sti.polytmtl.ca, été 2000

Le personnel technique est bien souvent laissé de côté dans les programmes d'optimisation. Ces outils retournent une réponse systématique basée sur les paramètres d'entrée.

La planification interactive est autre, puisqu'elle laisse toujours au professionnel le choix des contraintes et la liberté de valider la solution proposée par le calculateur, puis s'adapte en conséquence. L'avantage d'un tel outil réside dans l'augmentation du rendement des préposés et l'intégration de leur expérience. Ils peuvent traiter un plus grand nombre de demandes, fournir des réponses fiables et mieux respecter les préférences du client.

7.1.5. Regard sur trois systèmes modernes et en utilisation

Le premier système est un logiciel récent servant à la planification du transport adapté. Les algorithmes sont basés sur la programmation dynamique. La description de ce logiciel nous permet de situer l'état d'avancement actuel en gestion du transport adapté.

Le second système est une gamme de logiciels d'aide aux répartiteurs, qui, par diverses fonctions (SIG, SGBD, GPS) permet de gérer en temps réel les appels reçus par les services de sécurité publique d'une agglomération (911) et de répondre efficacement et rapidement aux urgences.

Le troisième logiciel examiné, MADQUOI, a été développé par le groupe MADITUC dans le cadre de l'enquête OD effectuée en 1998 dans la grande

région métropolitaine de Montréal. Il repose sur une modélisation orientée-objet et a été conçu selon une approche totalement désagrégée, dans le but de supporter les enquêteurs dans la saisie et la validation des réponses.

Un système de gestion du transport adapté

« L'objectif de base du système GIRO/ACCES était d'améliorer le service à la clientèle tout en réduisant les coûts. En particulier, la Toronto Transit Commission -notée TTC- visait à : réduire les préavis de réservations à 1 jour au lieu de 4, confirmer au moment de la réservation, réduire les annulations des clients, accroître la productivité et gérer l'utilisation des véhicules de la TTC et des sous-traitants. Pour assurer des services continus à la clientèle, le système devait également offrir une très grande fiabilité et être disponible tout près de 24 heures par jour. »¹².

Pour fin d'automatisation, le système nécessite des estimations fiables de la durée du temps de parcours entre les arrêts : un modèle a été développé, qui tient compte des zones de congestion urbaine, de la vitesse moyenne de circulation par classe de rue, de la direction, de l'heure de la journée, du jour de la semaine et du type de véhicule. Les adresses sont localisées automatiquement à l'aide d'une base de données géographiques.

¹² Site Internet de la compagnie GIRO, hiver 2000

La confection des parcours débute par l'initialisation de l'horaire à partir des déplacements réguliers prévus pour une date particulière.

Lorsqu'un client réserve un déplacement, la requête est entrée dans le système. Les déplacements et destinations fréquemment demandés sont enregistrés dans le système afin de faciliter le processus.

Une fonction d'optimisation intégrée analyse alors la requête et retourne une réponse pour l'aller et le retour. Là aussi, pour maintenir une certaine flexibilité, l'heure est confirmée à l'intérieur d'une fenêtre de 30 minutes.

Un système informatique de gestion d'incidents en temps réel ¹³

Ce système est constitué d'un poste de travail intelligent destiné aux préposés à la prise d'appels, aux répartiteurs et aux superviseurs de centres 911. Il met à la portée du préposé à la prise d'appels un ensemble d'outils de télématique perfectionnés et de grande puissance, tels des écrans et des bases de données internes et externes.

Le système est intuitif et dynamique, de sorte que le préposé à la prise d'appels peut communiquer de manière interactive, être prévenu des modifications apportées à la base de données et se relier au réseau.

¹³ Site Internet de la compagnie Positron, www.positron911.com, été 2000

En plus des fonctions habituelles de répartition assistée par ordinateur, telles le changement de statut, la création d'incidents, le registre des statuts, l'initiative personnelle, la poursuite, l'historique des lieux, le courriel, ce système permet également les fonctions suivantes :

- information sur les lieux d'intérêt,
- télé-répartition intégrée,
- impression en caserne.

La composante cartographique permet de réduire le temps de réponse du préposé à la prise d'appel et du répartiteur, en situant automatiquement et instantanément les lieux de l'appel et de l'incident sur une carte, et en effectuant des mises à jour continues de la situation, en temps réel.

Enfin, le système contient toutes les données géographiques nécessaires et un utilitaire déterminant l'emplacement de l'appel ou de l'événement.

MADQUOI : questionnaire utilisé pour l'obtention d'information

Dans le cadre de l'enquête Origine-Destination de 1998, le groupe MADITUC, responsable de la collecte des données, a développé un utilitaire informatique d'acquisition de données. Ce logiciel baptisé MADQUOI, repose sur une modélisation orientée-objet et utilise l'approche totalement désagrégée pour la saisie et le stockage des données.

L'interviewer interroge le répondant par téléphone, en temps réel donc, avec, face à lui, un ordinateur et l'interface de MADQUOI. L'entrevue comprend trois temps forts, correspondant chacun à un écran particulier de MADQUOI. La définition détaillée du ménage, incluant le nombre de personnes qui le composent, le nombre de véhicules, la localisation de la résidence, est un préalable à la définition séquentielle de ces personnes puis de leurs déplacements (effectués la veille de l'entrevue). L'environnement multifenêtré de l'utilitaire permet de voir simultanément plusieurs zones à chacune de ces trois étapes. Ainsi lors de la saisie d'un itinéraire individuel de déplacement, tous les ingrédients sont en place afin d'obtenir une description très fine de ce dernier : identification précise des points d'origine, destination et de jonction, détecteur de faisabilité (exemple : jonction ligne de métro et d'autobus), saisie des heures, du motif. Pour assurer une bonne identification des générateurs et autres lieux d'importance dans le déplacement, une zone de l'écran propose un dictionnaire des sites déjà recensés et géocodés du territoire. Ainsi, si le répondant dit être descendu de bus à la pharmacie X, une liste de ces pharmacies s'affiche, et l'interviewer n'a qu'à cliquer sur celle correspondant au coin de rues ou à l'adresse la plus proche de celle déclarée. En cas d'absence d'un lieu dans le dictionnaire, le principe d'exception permet de saisir la déclaration tel quel avec une vérification après l'entretien (introduction a posteriori d'un nouveau générateur dans la base de données).

Les informations d'enquête sont donc saisies et validées de manière interactive sur plate-forme informatique. Le traitement et l'analyse peuvent commencer dès la fin de l'entrevue.

7.1.6. Internet

L'informatique s'est fortement démocratisée ces dernières années, et toujours plus nombreux sont les ménages qui possèdent un micro-ordinateur. Lors de cet investissement, l'acheteur se munit dans la plupart des cas d'un accès à Internet, si bien que le nombre de personnes ayant un accès à ce réseau mondial est très élevé et va grandissant.

Internet est un outil majeur dans la dissémination d'information. Il permet à l'individu connecté, même isolé dans son domicile, non seulement d'acquérir des renseignements, mais aussi d'en fournir lors de ses navigations.

Cet internaute peut accéder au site des compagnies de transport et obtenir des informations sur les itinéraires, les horaires, les conditions de circulation et la position des véhicules de transport en commun en temps réel [PENG et JANG, 1999]. En combinant les technologies GPS, SIG et Internet, il est notamment possible de fournir aux usagers une information structurée et en temps réel sur la situation du réseau.

La gestion du site de la STCUM est déjà avancée sur le plan technologique. Avec la possibilité de relier différentes informations basées sur les SIG et les

autres STI grâce au HTML et les langages de programmation dédiés à Internet toujours plus efficaces – DHTML, Java...-, il est permis d'imaginer plusieurs types de possibilités et de stratégies en ligne afin d'assurer une plus grande interactivité avec les usagers.

Dans le cas du transport adapté, il faudrait envisager l'utilisation des possibilités d'Internet et plus largement des systèmes d'information à l'utilisateur avec un certain intérêt. La disponibilité du système 24h/24 en tout temps, fait de ce réseau un vecteur d'information remarquable.

Les perspectives les plus attirantes semblent être la réservation d'un déplacement et l'obtention d'une confirmation en ligne, la visualisation du cheminement du minibus qui doit passer nous prendre. Les systèmes d'information à l'utilisateur constituent un avancement dans le service à la clientèle et l'approche client.

Un recoupement des fonctions déjà disponibles via la ligne de téléphone interactive de la STCUM avec le site Internet reste une solution possible à l'élargissement du service à la clientèle. Ces fonctions sont toutefois assez limitées et se résument, pour l'instant, à la demande d'inscription pour des nouveaux usagers ou encore à l'accès au dossier client pour y modifier des renseignements personnels ou enregistrer un changement d'adresse.

7.2. Acquisition, visualisation et intégration de données **en temps réel**

Les systèmes d'information sur la demande de transport, les systèmes d'information aux usagers, les systèmes d'information opérationnels, les systèmes d'information géographiques transport orientés-objet sont les quatre principales sous-familles de STI applicables au transport collectif ainsi qu'au transport adapté. La mise en place des technologies disponibles et décrites précédemment permettraient une acquisition en temps réel de l'ensemble des données qui nous ont été fournies et qui ont entre autre permis d'effectuer nos analyses.

Les systèmes d'information sur la demande, constitués des cartes à puce, des cueillettes et autres comptages, des enquêtes assistées par ordinateur (cf. MADQUOI), permettent de connaître les habitudes des clients, en vue d'une meilleure planification.

Les systèmes d'information opérationnels, avec les GPS, les comptages automatiques (et les cartes à puce), la planification interactive, les calculateurs de trajet, aident les opérateurs à mieux gérer leurs ressources et à mesurer en temps réel l'écart entre planification et réalité.

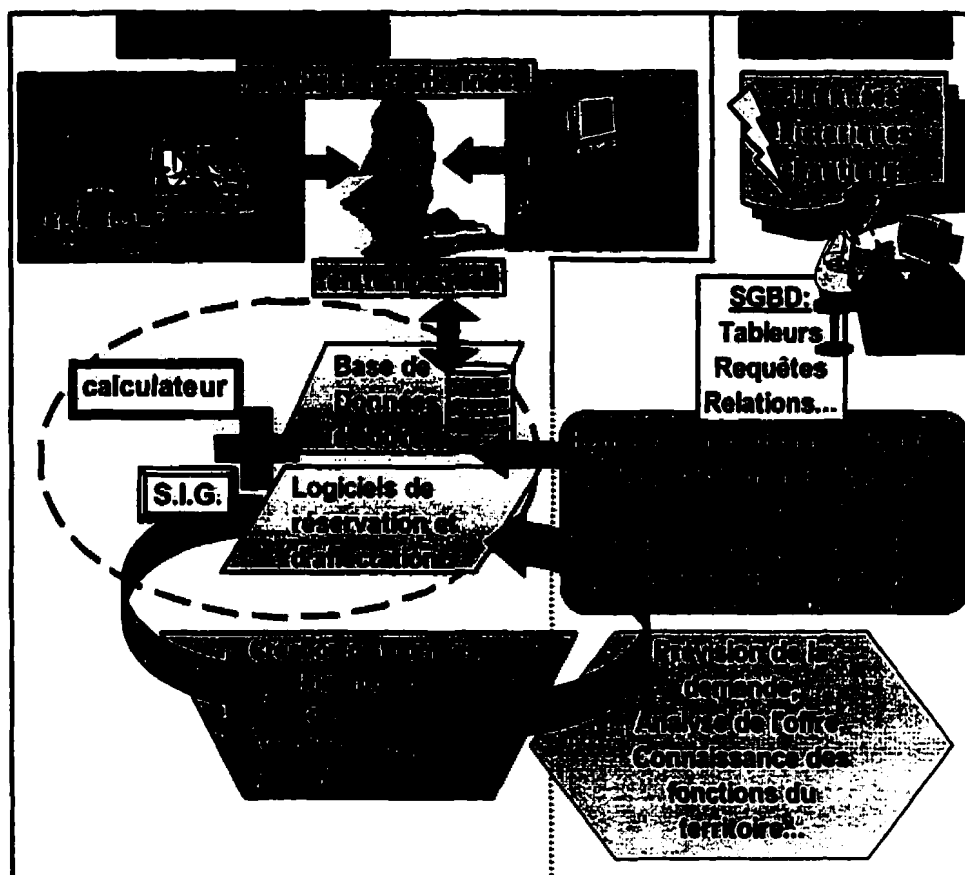


Figure 7.2 Traitement de l'information et gestion automatisée de la demande

La position des véhicules, des clients, les clients embarqués, les requêtes restant à satisfaire, le géocodage des points du territoire sont accessibles en temps réel par les technologies décrites, et visualisables à l'aide d'un SIG. Ainsi, par un traitement similaire à celui auquel nous avons eu recours, il est possible pour l'OPT et ses répartiteurs de connaître avec exactitude l'état du système en temps réel, et d'agir dessus avec précision.

L'apport d'un logiciel intégrant les modèles objets précédemment décrits et portant sur les générateurs, la clientèle et les véhicules, l'acquisition de

données, le calcul de chemin et offrant des fonctions d'affichage et d'analyse de performance, notamment sur l'exploitation de la flotte de bus, est un atout indéniable pour assister le travail des répartiteurs lors de la phase de réservation d'un déplacement et les appuyer par l'observation du déroulement en temps réel de l'activité des véhicules.

La phase de réservation est sans doute très perfectible. Un écran de saisie permettant d'enregistrer et d'intégrer automatiquement dans le système les désirs du client en terme de jour, heure, origine et destination accélérerait passablement cette phase. Le préposé pourrait passer directement à la phase d'affectation. Comme il a été décrit (cf. 7.1.Contexte technologique), plusieurs solutions existantes le permettent.

Les analyses menées dans notre étude sont largement transposables dans l'élaboration d'un tel outil de soutien et d'analyse.

Pour les générateurs et les points d'arrêt, un renversement du module d'analyse décrit en 5.2.1, conduit à un module de reconnaissance : si le lieu est déjà présent dans la base de données, une simple liaison permet d'attacher l'arrêt connu au déplacement en cours. En cas d'absence d'information sur le point d'arrêt, une analyse spatiale permet de repérer les générateurs voisins, et éventuellement d'y assigner le déplacement ou de créer un nouveau lieu dans la base de données en attendant d'avoir plus d'information à son sujet pour dériver la nature du générateur qui s'y trouve.

Progressivement se constituerait une base de connaissance de plus en plus précise sur le territoire, une sorte de dictionnaire intégrant tous les points d'arrêt du transport adapté, avec un nom ou un type dérivé les décrivant, et appuyant la saisie des futures requêtes.

L'instauration d'un suivi continu du comportement de chaque individu constitue un véritable système d'information opérationnel et sur la demande de transport. Comme nous l'avons montré au travers de nos analyses, ce suivi assure une bonne visibilité et permet le maintien, l'abandon ou la relocalisation de certaines ressources. Aussi, la prévision de la demande et la planification du service s'en trouvent facilitée et plus précises.

CHAPITRE 8

CONCLUSION

L'objectif premier de cette recherche consistait à modéliser et conceptualiser le système de transport adapté de la STCUM, puis à illustrer la mobilité de ses bénéficiaires à partir d'un ensemble de données opérationnelles réelles.

Tel que discuté, ces données peuvent très bien faire l'objet d'une saisie en temps réel grâce aux technologies disponibles, rendant les résultats de l'étude d'autant plus attrayants.

À présent et pour clore le sujet, nous ferons ici certaines remarques sur les principaux points abordés.

8.1. La prévision de la demande

L'analyse individuelle des déplacements, effectuée sous de multiples perspectives, a permis de mettre à jour un important phénomène de répétitions dans la mobilité des personnes handicapées. Cette forme de déterminisme somme toute généralement assez répandue au sein de la population facilite grandement le travail de l'opérateur et permet une meilleure prévision.

Cependant, au-delà des déplacements répétitifs, l'examen du rôle de plusieurs paramètres sociaux, démographiques, physiques sur la mobilité aura dévoilé des patrons comportementaux très significatifs au sein de la population étudiée. Pour plusieurs raisons, seuls certains paramètres ont été confrontés à cette

mobilité. Assurément, l'observation constante et toujours désagrégée au maximum du comportement de ces personnes apportera d'autres enseignements sur les habitudes de déplacement des bénéficiaires du transport adapté.

Vient s'ajouter à ce constat la connaissance des points de départ et d'arrivée des déplacements. Deux semaines d'observations nous ont permis de retrouver, avec un niveau de confiance assez bon, la nature de presque la totalité des lieux où des événements ont été enregistrés. Évidemment, la création d'un fichier de générateurs, identifiés de manière unique et précise, avec références spatiales, véritable dictionnaire cartographique détaillé de l'agglomération, couplé à un enrichissement constant via les dérivations ultérieures résultant d'une observation constante, conduirait à une parfaite maîtrise de l'emploi du temps des usagers et des fonctions du territoire. La conséquence immédiate d'une telle connaissance serait une envolée du niveau de confiance sur les statuts des personnes et sur leurs habitudes de déplacements. La fonction du point de destination formalise les analyses et complète les seuls attributs de mobilité de la personne qui se déplace.

Avec une base de données similaire à la nôtre, mais portant par exemple sur les trente derniers jours, et connaissant toutes les caractéristiques de l'utilisateur, la prévision de ses demandes atteindrait probablement un niveau suffisant pour une gestion au jour le jour. Ainsi la réservation de déplacements sur un horizon

de quatre mois n'aurait plus lieu d'exister, le nombre d'annulations diminuerait considérablement et les désagréments liés à l'organisation saisonnière des tournées lors de l'arrivage des demandes de transports réguliers seraient atténués par ces observations constantes.

8.2. La modélisation

Pour opérer une étude systémique objective, l'approche totalement désagrégée et sa modélisation orientée-objet ouvrent la voie à des expérimentations réalistes, riches en possibilités et très significatives. La transposition des schémas conceptuels décrivant la réalité observée vers un format informatique se trouve facilitée par l'adoption d'une telle approche méthodologique.

D'abord, les pistes et les choix retenus lors de notre modélisation du système de transport, s'ils restent perfectibles, ont permis de dégager plusieurs comportements qualifiant les usagers ou les lieux. De tels résultats soutiennent l'exploitation du système et contribuent à sa gestion dans la mesure où leur insertion dans ce processus intervient très tôt par le biais d'un outil d'aide à la saisie de réservations et d'aide à la création de tournées.

Ensuite, l'aspect évolutif de cette approche autorise l'insertion d'informations nouvelles ou la modification interactive d'informations déjà stockées. L'ajout d'objets nouveaux au sein du système, comme la venue d'un troisième mode de

transport, ne perturbe en rien la structure globale du modèle. Mieux, l'adoption du nouvel objet se fait très simplement par héritage.

Ainsi la modélisation choisie offre non seulement nombre de possibilités et décrit fidèlement la réalité, mais reste constamment à jour par de simples et mineures modifications.

8.3. Conclusion globale

Le présent travail sert de base à l'élaboration souhaitable d'une interface informatique interactive-graphique, capable d'aider les répartiteurs dans leur travail de gestion du système de transport adapté. Nous avons tenté de démontrer comment il est possible de dégager de l'information issue de données brutes, puis d'atteindre une forme de connaissance du système de transport. L'acquisition de données sous forme électronique et sur des bases quotidiennes assurerait l'entretien et le raffinement de cette connaissance.

BIBLIOGRAPHIE

BEAULÉ, M. (1997). Évolution du financement des transports en commun urbain. Format Word compressé .zip (158 ko). Fichier informatique téléchargé sur Internet. URL <http://www.metropole.gouv.qc.ca/doc.html>.

BONNEL, P., LE NIR, M., NICOLAS, J.-P. (1994). Les enquêtes déplacements urbains : Réflexions méthodologiques sur les enquêtes ménages et les enquêtes régionales origine destination canadiennes. Laboratoire d'Économie des Transports École Nationale des Travaux Publics de l'État, Université Lumière Lyon 2 & CNRS, Lyon, France, 133 pages.

BOUF, D., CROZET, Y. (1992). Ségrégation et discrimination : de nouveaux paradigmes pour les transports urbains. Laboratoire d'Économie des Transports, École Nationale des Travaux Publics de l'État, Lyon, 10 pages.

BRYDIA, R., TURNER, S., EISELE, W., LIU, J. (1998). Development of intelligent transportation system data management. Transportation Research Record, 1625, pages 124 à 130.

BUSSIÈRE, Y., THOUÉZ, J.-P., RICE, J., MATHEWS, G., BERNARD, A. (1996). Portrait et prévision de la clientèle à mobilité réduite en transport au Québec, 1993-2006. Étude réalisée pour le service Recherche-Développement en transport terrestre des personnes du ministère des transports du Québec, volume 2 : Rapport Final. INRS-Urbanisation, Montréal, 307 pages.

CEMT (1992). L'accès aux taxis. Transport des personnes à mobilité réduite, Paris, OCDE, 25 pages.

CHAPLEAU, R. (1987). L'insertion technologique dans la planification des transports urbains : le syndrome impérial, présenté au 22^e congrès annuel de l'AQTR, Hull, 11 pages.

CHAPLEAU, R. (1993). Une carte d'utilisation du sol dérivée d'une enquête origine-destination. 28^e congrès de l'Association québécoise du transport et des routes, Sainte Adèle, 19 pages.

CHAPLEAU, R. (1994). MAD(strat)² : L'approche totalement désagrégée appliquée au transport urbain des marchandises, Groupe MADITUC, École Polytechnique de Montréal.

CHAPLEAU, R. (1999). Ingénierie des transports. Notes de cours et exercices. Département de Génie Civil, École Polytechnique de Montréal.

CHAPLEAU, R., ALLARD, B., TRÉPANIÉ, M. (1997). Caractérisation objective du transport adapté à la société de transport de la communauté urbaine de Montréal. Groupe MADITUC, département de génie civil, École Polytechnique de Montréal, 66 pages.

CHAPLEAU, R., ALLARD, B., LE BEAU, L. (1986). Embryon d'un « système expert » pour le transport collectif urbain. 21^e congrès de l'Association québécoise du transport et des routes, Québec, 26 pages.

CHAPLEAU, R., TRÉPANIÉ, M., LAVIGUEUR, P., ALLARD, B. (1996). Origin-destination survey data dissemination in metropolitan context : a multimedia experience. Transportation Research Record, 1551, pages 26 à 35.

DOMENCICH, T., MCFADDEN, D. (1975). Urban Travel Demand. North Holland.

GREENFELD, J. (1999). Performance evaluation of automated vehicle locator and digital map accuracy in transit application. Transportation Research Record, 1666, pages 44 à 51.

GUEDJ, D. (1996). L'empire des nombres. Découvertes Gallimard, Sciences, Évreux, France, 176 pages.

HUNTER-ZAWORSKI, K., HRON, L. (1999). Bus accessibility for people with cognitive disabilities. Transportation Research Record, 1671, pages 34 à 39.

LESSARD, R. (2000). L'informatique, SAGE PAS en gestion du transport en commun. Société de transport de l'Outaouais, présentation faite à STI Canada. Format .pdf (3280 ko). Fichier informatique téléchargé sur Internet. URL http://www.itscanada.ca/html/AGM2000/AGM2000_Fr.html.

LIN, W., ZENG, J. (1999). Experimental Study of real-time bus arrival prediction with GPS data. Transportation Research Record, 1666, pages 101 à 109.

MICROSOFT (1993). Microsoft Excel, Guide de l'utilisateur de Microsoft Visual Basic pour Excel, 372 pages.

ORTUZAR, J. de D., WILLUMSEN, L. (1994). Modeling Transport, second edition. Willey, Bath, England, 439 pages.

PENG, Z., JAN, O. (1999). Assessing means of transit information delivery for advanced public transportation systems. Transportation Research Record, 1666, pages 92 à 100.

RIZZI, M., GUICHOUX, B. (1997). Système d'information Objet pour l'exploitation des réseaux de surface. RATP, Paris, 277 pages.

RODDIS, S.M., RICHARDSON, A.J. (1997). Construction of Daytime Activity Profiles from Household Travel Survey Data. Transportation Research Record, 1625, pages 102 à 108.

ROY, J. (2000). Planification des opérations en transport. Notes de cours, Département de management et technologie, Université du Québec à Montréal.

STCUM (1999). Transport contact, bulletin de liaison et d'information des usagers du transport adapté. Format .pdf (227 ko). Fichier informatique téléchargé sur Internet. URL <http://www.stcum.qc.ca/t-adapte/contact.htm>.

STCUM (2000). Transport contact, bulletin de liaison et d'information des usagers du transport adapté. Format .pdf (385 ko). Fichier informatique téléchargé sur Internet. URL <http://www.stcum.qc.ca/t-adapte/contact.htm>.

THERIAULT, S. (1997). Utilisation d'un système d'information géographique dans la modélisation d'un bassin versant. Mémoire de maîtrise, École Polytechnique de Montréal, 280 pages.

THIVIERGE, A. (1999). Motorisation, transport public et densité résidentielle : le cas de la région de Montréal. Mémoire de maîtrise, École Polytechnique de Montréal, 107 pages.

TRÉPANIÉ, M., CHAPLEAU, R. (1997). SIG-TOO: Applications (pragmatiques) sur des technologies légères. 32e congrès de l'Association québécoise du transport et des routes, Trois-Rivières, tome 1, pages 92 à 109.

TRÉPANIÉ, M. (1999). Modélisation totalement désagrégée et orientée-objet appliquée aux transports urbains. Thèse de Doctorat, École Polytechnique de Montréal, 229 pages.

TRÉPANIÉ, M. (2000). Site Internet sur les Systèmes de transport intelligents, École Polytechnique. URL <http://www.sti.polymtl.ca/>

ZHAO, F., WANG, L., ELBADRAWI, H., SHEN, D. (1997). Temporal geographic information system and its application to transportation. Transportation Research Record, 1593, pages 47 à 54.

ANNEXE A. DESCRIPTION DES DONNÉES

Fichier DBF	Description	Nbre.
ADRCOM	Liste des lieux publics desservis par le T.A. (1 enr. = 1 lieu)	737
CLI_BUS	Déplacements des clients du minibus (1 enr. = 1 paire O-D)	18637
CLI_MOB	Liste des clients qui ont effectué au moins un déplacement (1 enr. = 1 client X nb. jours de déplacements)	22775
CLIMOBUN	Liste des clients qui ont effectué au moins un déplacement (1 enr. = 1 client qui s'est déplacé)	4334
CLI_TAXI	Déplacements des clients du taxi (1 enr. = 1 paire O-D)	28393
CLIENTS	Liste des clients du T.A. (1 enr. = 1 client inscrit)	15810
DEPL_CLI	Déplacements des clients (tous modes combinés) (1 enr. = 1 paire O-D)	47030
MUNIC	Codes de municipalités et/ou de quartiers (1 enr. = 1 code)	55
TA_BUS	Tournées de minibus, ordonnées par jour/tournée/client (1 enr = 1 montée ou 1 descente)	37274
TA_TAXI	Tournées de taxi, ordonnées par jour/tournée/client (1 enr = 1 montée ou 1 descente)	56786
TOU_BUS	Tournées de minibus (1 enr = 1 tournée)	1456
TOUR_BUS	Tournées de minibus (1 enr = 1 tournée) (moins de champs caractéristiques)	1456
TOU_TAXI	Tournées de taxi (1 enr = 1 tournée)	12143
TOUR_TAXI	Tournées de taxi (1 enr = 1 tournée) (moins de champs caractéristiques)	12143
TOUR_CLI	Chaînes quotidiennes de déplacements des clients (1 enr = 1 chaîne de déplacement)	22775

Liste des fichiers (période du 96.11.17 au 96.11.30)

ANNEXE B. LE POIDS DE L'ÂGE

L'échantillon disponible montre, chez les plus de 60 ans, une large domination des femmes. Deux explications peuvent expliquer cela : tout d'abord, l'espérance de vie, généralement plus élevée chez les femmes ; s'agissant d'une population handicapée, on peut imaginer que les femmes âgées ont plus tendance que les hommes à perdre leur autonomie.

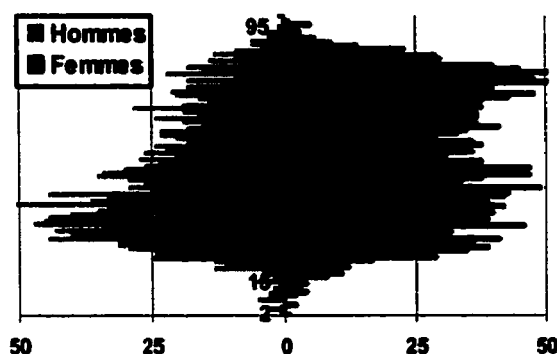


Figure An- 1 Pyramide des âges des mobiles

Ce qui suit est un examen détaillé des distributions par âge des catégories Travailleur, Malade et Autre.

Tel que mentionné au chapitre 6, les travailleurs, dont l'âge est compris entre 20 et 65 ans, sont relativement jeunes, et le sexe n'est pas un critère distinctif puisque la distribution est semblable pour les deux sexes.

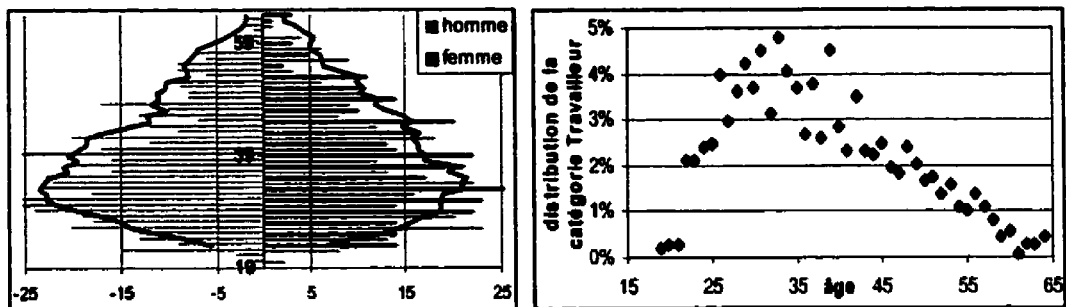


Figure An- 2 Pyramide des âges et Distribution par âge des Travailleurs

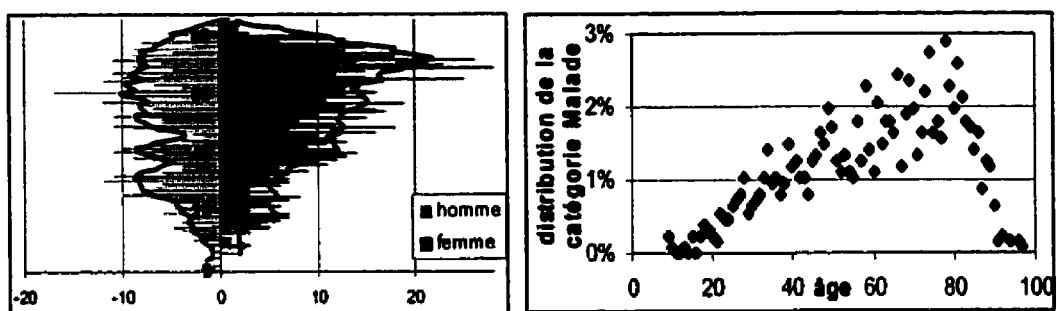


Figure An- 3 Pyramide des âges et Distribution par âge des Malades

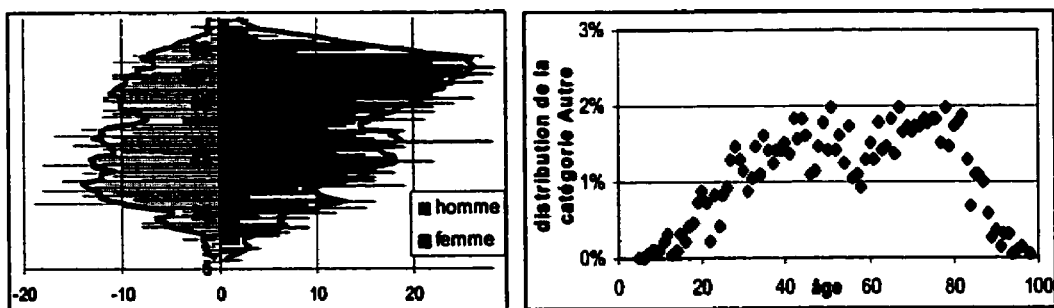


Figure An- 4 Pyramide des âges et Distribution par âge des Autres